BESTSELLER *NEW YORK TIMES*

Cum funcționează lumea cu adevărat

Ghidul unui om de știință pentru trecutul, prezentul și viitorul omenirii

„O nouă capodoperă a unuia dintre autorii mei preferați." – Bill Gates

Vaclav Smil

Lifestyle

BESTSELLER *NEW YORK TIMES*

Cum funcționează lumea cu adevărat

Ghidul unui om de știință pentru trecutul, prezentul și viitorul omenirii

„O nouă capodoperă a unuia dintre autorii mei preferați." – Bill Gates

Vaclav Smil

Lifestyle

BESTSELLER *NEW YORK TIMES*

Cum funcționează lumea cu adevărat

Ghidul unui om de știință pentru trecutul, prezentul și viitorul omenirii

„O nouă capodoperă a unuia dintre autorii mei preferați." – Bill Gates

Vaclav Smil

Lifestyle

Cum funcționează lumea cu adevărat

Vaclav Smil

Cum funcționează lumea cu adevărat

Ghidul unui om de știință pentru trecutul, prezentul și viitorul omenirii

Traducere din limba engleză de
Constantin Dumitru-Palcus

EDITORI: Silviu Dragomir, Magdalena Mărculescu

DIRECTOR: Crina Drăghici

REDACTARE: Domnica Drumea

DESIGN: Alexe Popescu

DIRECTOR PRODUCȚIE: Cristian Claudiu Coban

DTP: Răzvan Nasea

CORECTURĂ: Irina Mușătoiu, Duşa Udrea-Boborel

Titlul original: How the World Really Works

Autor: Vaclav Smil

First published as How the World Really Works in 2022 by Viking, an imprint of Penguin General. Penguin General is part of the Penguin Random House group of companies.

O.P. 16, Ghișeul 1, C.P. 0490, București

Tel.: +4 021 300 60 90 ; Fax: +4 0372 25 20 20

e-mail: comenzi@edituratrei.ro

www.lifestylepublishing.ro

ISBN (print): 978-606-789-345-8

ISBN (epub): 978-606-789-400-4

Lifestyle Publishing face parte din Grupul Editorial Trei

Introducere

De ce avem nevoie de această carte?

Orice epocă își revendică unicitatea, dar deși experiențele ultimelor trei generații — mai exact, deceniile scurse de la sfârșitul celui de-al Doilea Război Mondial — poate că n-au avut forța transformatoare a celor trei generații care au precedat Primul Război Mondial, nu se poate spune că a fost penurie de evenimente fără precedent sau de progrese. Ce este cel mai impresionant e faptul că, în prezent, față de orice altă perioadă din istorie, un număr mult mai mare de oameni se bucură de un nivel de trai mai ridicat, timp de mai mulți ani și cu o sănătate mai bună. Totuși, acești beneficiari rămân o minoritate (doar circa o cincime) din populația mondială, care se apropie de 8 miliarde de locuitori.

A doua realizare admirabilă este modul fără precedent în care s-a extins înțelegerea noastră în ceea ce privește lumea fizică, precum și a tuturor formelor de viață. Cunoașterea noastră se întinde de la generalizări grandioase despre sistemele complexe la scară universală (stele, galaxii) și planetară (atmosferă, hidrosferă, biosferă) până la procesele de la nivelul atomilor și genelor: liniile gravate în suprafața celor mai puternice microprocesoare sunt doar de circa două ori mai groase decât diametrul ADN-ului uman. Am transformat această înțelegere într-o gamă tot mai numeroasă de mașini, dispozitive, proceduri, protocoale și intervenții care susțin civilizația modernă, iar proporțiile enorme ale cunoașterii noastre colective — și modurile în care am valorificat-o în beneficiul nostru — depășesc cu mult puterea de înțelegere a oricărei minți individuale.

Pe la 1500, puteai întâlni adevărați oameni ai Renașterii în Piazza Signoria din Florența, dar nu pentru mult timp după aceea. Pe la mijlocul secolului al XVIII-lea, doi savanți francezi, Denis Diderot și Jean le Rond d’Alembert, încă mai puteau să adune un grup de colaboratori bine informați care să sintetizeze nivelul de înțelegere al epocii în definiții exhaustive în a lor masivă Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers. După câteva generații, amploarea și specializarea cunoașterii umane a avansat cu câteva ordine de mărime, ce au inclus descoperiri fundamentale, începând cu inducția magnetică (Michael Faraday în 1831, fundamentul generării electricității),

continuând cu metabolismul plantelor (Justus von Liebig, 1840, baza fertilizării culturilor agricole) și până la teoria electromagnetismului (James Clerk Maxwell, 1861, baza tuturor comunicațiilor fără fir).

În 1872, la un secol după apariția ultimului volum al Encyclopédie, orice colecție de cunoștințe trebuia să recurgă la tratarea superficială a unei varietăți de subiecte în extindere rapidă și, după încă un secol și jumătate, a devenit imposibil să ne rezumăm înțelegerea chiar și în cadrul unor specialități strict delimitate. Termeni precum „fizică“ sau „biologie“ sunt etichete destul de lipsite de sens, iar unui expert în fizica particulelor îi va veni foarte greu să înțeleagă până și prima pagină a unui nou articol științific din domeniul imunologiei virale. În mod evident, atomizarea cunoașterii nu a ușurat luarea niciunei decizii publice. Ramurile extrem de specializate ale științei moderne au devenit atât de ezoterice încât cei care lucrează în cadrul lor sunt obligați să-și continue pregătirea până după împlinirea vârstei de 30 de ani, ca să poată fi admiși în noul ordin preoțesc.

Chiar dacă urmează cu toții stagii de ucenicie îndelungate, prea adesea oamenii de știință nu pot cădea de acord asupra celui mai bun plan de acțiune. Pandemia SARS-CoV-2 ne-a arătat cu claritate că dezacordurile dintre experți se pot extinde și asupra unor decizii aparent simple, cum ar fi purtatul măștii. La finele lunii martie a anului 2020 (la trei luni după declanșarea pandemiei), Organizația Mondială a Sănătății continua să susțină că masca trebuie purtată doar de către persoanele infectate, iar schimbarea s-a produs abia la începutul lui iunie 2020. Cum ar putea cei care nu au niciun fel de cunoștințe specializate să adopte o poziție sau să înțeleagă ceva din aceste dispute, care acum se sfârșesc adesea cu retractări sau cu demontarea afirmațiilor ce înainte predominau?

Totuși, aceste incertitudini și dispute prelungite nu scuză proporția în care majoritatea oamenilor înțeleg eronat mecanismele esențiale de funcționare a lumii moderne. În definitiv, să înțelegi cum se cultivă grâul (capitolul 2) sau cum este produs oțelul (capitolul 3) ori că globalizarea nu este nici nouă, nici inevitabilă (capitolul 4) nu e totuna cu a cere cuiva să înțeleagă femtochimia (studiul reacțiilor chimice la intervale de timp de ordinul a 10^{-15} secunde, Ahmed Zewail, Premiul Nobel în 1999) sau reacțiile în lanț ale polimerazei (copierea rapidă a ADN-ului, Kary Mullis, Premiul Nobel în 1993).

Atunci de ce majoritatea oamenilor din societățile moderne au cunoștințe atât de superficiale despre cum funcționează lumea cu adevărat? O explicație evidentă

ar fi complexitatea lumii moderne: oamenii interacționează permanent cu cutii negre, ale căror configurații relativ simple necesită o înțelegere minimală (sau chiar deloc) a ceea ce are loc înăuntrul acelor cutii. Lucru la fel de adevărat atât pentru dispozitive omniprezente cum sunt telefoanele mobile și laptopurile (este de ajuns să tastăm o întrebare simplă), cât și pentru proceduri la scară largă, precum vaccinarea (cu siguranță cel mai bun exemplu planetar al anului 2021, în care, de regulă, suflecarea unei mâneci a fost singura parte ce putea fi înțeleasă). Dar explicațiile acestui deficit de înțelegere trec dincolo de faptul că amploarea cunoștințelor noastre încurajează specializarea, al cărei revers constă într-o înțelegere tot mai superficială — chiar o ignorare — a elementelor de bază.

Urbanizarea și mecanizarea au fost două motive importante care au dus la acest deficit de înțelegere. Începând cu anul 2007, mai mult de jumătate din omenire locuiește în orașe (peste 80% în toate țările bogate) și, spre deosebire de orașele industrializate din secolul al XIX-lea și începutul secolului XX, cele mai multe dintre locurile de muncă din zonele urbane moderne sunt în sectorul de servicii. Astfel, majoritatea orășenilor moderni sunt deconectați nu numai de modurile în care este produsă hrana, dar și de modurile în care sunt construite mașinile și dispozitivele, iar mecanizarea crescândă a întregii activități productive înseamnă că doar o parte foarte mică a populației globale este acum angrenată în furnizarea către civilizație a energiei și materialelor din care este alcătuită lumea noastră modernă.

În acest moment, în Statele Unite ale Americii doar circa 3 milioane de bărbați și femei (proprietari de ferme și mâna de lucru angajată) sunt angrenați direct în producerea hranei — oameni care ară efectiv pământurile, sădesc semințele, împrăștie îngrășăminte, plivesc buruienile, recoltează culturile (culegerea fructelor și legumelor este partea care necesită cantitatea cea mai mare de muncă din acest proces) și îngrijesc animalele. Fiind vorba de mai puțin de 1% din populația țării, nu e de mirare că cei mai mulți dintre americani fie habar nu au, fie au doar o idee vagă despre cum se produce pâinea sau carnea pe care le consumă. Combinele recoltează grâul — dar oare recoltează și boabele de soia sau de linte? În cât timp un purceluș crește la dimensiunea necesară pentru obținerea cotletelor de porc: săptămâni sau ani? Vasta majoritate a americanilor pur și simplu nu știu — și nu sunt singurii. China este cel mai mare producător de oțel al lumii — topind, turnând și laminând aproape un miliard de tone în fiecare an — dar toate acestea sunt realizate de mai puțin de 0,25% din populația de 1,4 miliarde de locuitori ai Chinei. Doar un procentaj minuscul al populației chineze va sta vreodată în apropierea unui furnal sau va asista la procesul de

turnare continuă cu panglicile sale roșii de oțel incandescent în mișcare. Iar lipsa aceasta de conectare se întâlnește peste tot în lume.

Celălalt motiv important care explică înțelegerea deficitară și tot mai redusă a acelor procese fundamentale care livrează energia (sub formă de hrană sau combustibili) și materialele durabile (fie ele metale, minerale nemetalice sau beton) este faptul că procesele respective au ajuns să fie considerate ca învechite — dacă nu chiar depășite — și deosebit de neinteresante în comparație cu lumea informațiilor, a datelor și imaginilor. Proverbialele minți strălucite nu se ocupă de știința solului și nu își încearcă priceperea în producerea unui ciment mai bun. În schimb, sunt atrase de informațiile imateriale, fluxuri de electroni într-o multitudine de microdispozitive. De la avocați și economiști la programatori și finanțiști, recompensele disproporționat de mari pe care le primesc sunt pentru activități care nu mai au nicio legătură cu realitățile materiale ale vieții pe pământ.

Mai mult, o mare parte dintre acești veneratori ai datelor au ajuns să creadă că fluxurile electronice vor face inutile acele necesități materiale demodate. Terenurile agricole vor fi înlocuite de agricultura urbană de pe terasele blocurilor-turn, iar produsele sintetice vor elimina în cele din urmă nevoia de a mai crește plante pentru hrană. Dematerializarea, alimentată de inteligența artificială, va pune capăt dependenței noastre de masele de metal modelate și de mineralele procesate și până la urmă s-ar putea chiar să ne descurcăm fără mediul terestru: cine mai are nevoie de el dacă vom terraforma planeta Marte? Desigur, toate acestea nu sunt decât previziuni foarte premature, fantezii încurajate de o societate în care știrile false au devenit ceva comun și unde realitatea și ficțiunea s-au întrepătruns într-o asemenea măsură, încât mințile naive, predispuse să adopte viziuni sectare, cred ceea ce niște observatori mai vigilenți din trecut ar fi considerat fără ezitare drept pură amăgire.

Nimeni dintre cei care citesc această carte nu se va muta pe Marte; cu toții vom continua să mâncăm cerealele de larg consum crescute în solul unor suprafețe întinse de teren agricol, și nu pe terasele zgârie-norilor imaginate de susținătorii așa-zisei agriculturi urbane; niciunul dintre noi nu va trăi într-o lume dematerializată care să n-aibă nevoie de servicii naturale de neînlocuit, cum ar fi evaporarea apei și polenizarea plantelor. Însă furnizarea acestor necesități existențiale va fi o sarcină tot mai dificilă, pentru că o mare parte a omenirii trăiește în condiții pe care minoritatea înstărită le-a lăsat în urmă de câteva generații și deoarece creșterea cererii de energie și materiale a solicitat biosfera

atât de mult și atât de repede, încât i-am periclitat capacitatea de a-și menține fluxurile și rezervele în limite compatibile cu funcționarea sa pe termen lung.

Ca să exemplificăm printr-o singură comparație esențială: în 2020, media anuală a rezervei de energie pe cap de locuitor a circa 40% din populația mondială (3,1 miliarde de oameni, care includ aproape toți locuitorii din Africa subsahariană) nu era mai mare decât rata obținută în Germania și Franța anului 1860! Pentru a se apropia de pragul unui standard de viață demn, acele 3,1 miliarde de oameni vor trebui măcar să-și dubleze — dar preferabil să-și tripleze — consumul de energie pe cap de locuitor și să-și construiască infrastructuri urbane, industriale și de transport esențiale. Inevitabil, aceste solicitări vor supune biosfera la o degradare și mai mare.

Și ce măsuri vom lua în privința schimbărilor climatice la care asistăm? Există acum un consens larg răspândit potrivit căruia trebuie să facem ceva pentru a preveni numeroasele consecințe extrem de nedorite, dar ce fel de acțiune, ce fel de transformare comportamentală ar da cele mai bune rezultate? Pentru ca aceia care ignoră imperativele energetice și materiale ale lumii noastre, aceia care preferă mantra soluțiilor verzi ca să înțeleagă cum am ajuns în acest punct, rețeta e simplă: decarbonizarea — să trecem pur și simplu de la arderea combustibililor fosili la transformarea fluxurilor inepuizabile de energie regenerabilă. Motivul pentru care această soluție nu stă în picioare: suntem o civilizație dependentă de combustibilii fosili. Progresul tehnic și științific, calitatea vieții și prosperitatea noastră se bazează pe arderea unor cantități uriașe de carbon fosil și pur și simplu nu putem să renunțăm la acest factor esențial pentru bunăstarea noastră în următoarele decenii, ca să nu mai vorbim de ani.

Decarbonizarea completă a economiei globale până în 2050 poate fi imaginată acum doar cu prețul unei recesiuni economice de neconceput la nivel planetar sau ca rezultat al unor transformări extraordinar de rapide pe baza unor progrese tehnice aproape miraculoase. Dar cine va fi dispus să gestioneze recesiunea economică atât timp cât încă ne lipsesc o strategie globală convingătoare, practică și accesibilă, precum și mijloacele tehnice ca să realizăm transformările necesare? Distanța dintre ce ne-am dori și realitate este imensă, dar într-o societate democratică nicio competiție de idei și propuneri nu poate avea loc într-un mod rațional fără ca toate părțile să împărtășească măcar un minimum de informații relevante despre lumea reală, mai degrabă decât să facă paradă de propriile preconcepții și să avanseze afirmații care nu au nicio legătură cu posibilitățile concrete.

Cartea aceasta este o încercare de a reduce deficitul de înțelegere și de a explica unele dintre realitățile predominante fundamentale care ne guvernează supraviețuirea și prosperitatea. Scopul meu nu este să fac previziuni, nici să descriu scenariile uluitoare sau deprimante legate de ceea ce va urma. Nu este nicio nevoie să extindem acest gen popular, dar care dă greș mereu: pe termen lung, sunt prea multe evenimente neașteptate și prea multe interacțiuni complexe pe care nimeni, fie la nivel individual sau colectiv, nu le poate anticipa. Nici nu voi susține vreo interpretare specifică (părtinitoare) a realității, care să fie luată drept sursă de disperare sau de așteptări nemărginite. Nu sunt nici pesimist, nici optimist. Sunt un om de știință care încearcă să explice cum funcționează lumea cu adevărat și voi folosi această înțelegere pentru ca noi să ne dăm seama mai bine de limitele și oportunitățile viitoare.

În mod inevitabil, acest gen de investigație trebuie să fie selectivă, dar fiecare dintre cele șapte subiecte-cheie alese pentru examinare aprofundată trece testul necesității existențiale: nu există alegeri frivole în această listă. Primul capitol al cărții arată cum societățile noastre mari consumatoare de energie și-au crescut constant dependența de combustibilii fosili în general și de electricitate, cea mai flexibilă formă de energie, în particular. Aprecierea acestor realități servește ca un corectiv foarte necesar la afirmațiile generalizate deja (bazate pe o proastă înțelegere a realităților complexe) potrivit cărora putem decarboniza în mare grabă rezerva de energie planetară și că va dura doar două-trei decenii până când ne vom baza numai pe conversii ale energiilor regenerabile. Deși convertim părți tot mai mari din generarea electricității spre noile surse regenerabile (solară și eoliană, prin opoziție cu mai vechea hidroelectricitate) și introducem în circulație mai multe automobile electrice, decarbonizarea transportului cu camioanele, pe calea aerului și a apei va constitui o provocare mult mai mare, așa cum va fi și producerea materialelor esențiale fără a recurge la combustibilii fosili.

Al doilea capitol al cărții de față se ocupă de o necesitate fundamentală pentru supraviețuire: producția de hrană. Își propune să explice cât de multe dintre alimentele pe care ne bazăm pentru a supraviețui, de la grâu, la tomate și la creveți, au un lucru în comun: necesită un consum substanțial, direct și indirect, de combustibili fosili. Conștientizarea acestei dependențe fundamentale de combustibilii fosili conduce la o înțelegere realistă a nevoii noastre continue de carbon fosil: este relativ ușor să generezi electricitate cu ajutorul turbinelor eoliene sau al panourilor de celule solare, față de arderea cărbunelui sau a

gazului natural — dar ar fi mult mai dificil să facem ca toate mașinile agricole să funcționeze fără combustibili fosili lichizi și să producem toate îngrășămintele și celelalte materiale agrochimice fără gaz natural și petrol. Pe scurt, timp de câteva decenii va fi imposibil să hrănim planeta fără să folosim combustibili fosili ca surse de energie și materii prime.

Al treilea capitol explică de ce și cum societățile noastre sunt susținute de materiale create de ingeniozitatea umană, concentrându-se pe ceea ce eu denumesc cei patru piloni ai civilizației moderne: amoniac, oțel, beton și materiale plastice. Înțelegerea acestor realități pune în lumină natura înșelătoare a afirmațiilor recente privind dematerializarea economiilor moderne dominate de servicii și dispozitive electronice miniaturizate. Declinul relativ al nevoilor materiale pe unitate în cazul multor produse finite a fost una dintre tendințele definitorii ale evoluțiilor industriale moderne. Dar, în termeni absoluți, cerințele materiale au crescut chiar și în societățile cele mai prospere ale lumii și rămân mult sub orice niveluri imaginabile de saturație în țările cu venituri scăzute, în care a deține un apartament bine construit, aparate electrocasnice și aer condiționat (ca să nu mai pomenim de automobile) rămâne un vis pentru miliarde de oameni.

Capitolul patru cuprinde povestea globalizării sau cum a devenit lumea atât de interconectată prin intermediul transporturilor și telecomunicațiilor. Această perspectivă istorică arată cât de vechi (sau putem spune chiar antice) sunt originile acestui proces și cât de recentă este extinderea sa cea mai înaltă — și în sfârșit cu adevărat globală. O privire mai atentă ne spune clar că nu e nimic inevitabil în legătură cu viitorul curs al acestui fenomen perceput ambivalent (mult lăudat, mult contestat și mult criticat). În ultima vreme, au avut loc unele retrageri clare în toată lumea și o tendință generală spre populism și naționalism, dar nu este limpede cât de departe vor ajunge acestea sau în ce măsură aceste schimbări vor fi modificate ca urmare a unei combinații de considerații economice, politice și de securitate.

Capitolul cinci oferă un cadru realist pentru evaluarea riscurilor cu care ne confruntăm: societățile moderne au reușit să elimine sau să reducă multe dintre riscurile mortale sau vătămătoare din trecut — de exemplu, poliomielita și problemele legate de naștere — dar multe pericole ne vor însoți mereu și în repetate rânduri nu vom reuși să facem o evaluare corespunzătoare a riscurilor, fie subestimând, fie exagerând pericolele cu care ne confruntăm. După ce vor termina acest capitol, cititorii vor putea aprecia cum se cuvine riscurile relative

ale multor expuneri involuntare și activități voluntare comune (de la căzăturile de acasă la zborurile intercontinentale; de la a trăi într-un oraș expus la uragane la a face salturi cu parașuta) — și, croindu-ne drum printre aiurelile propagate de industria dietelor, vom vedea o gamă de opțiuni privind ceea ce am putea mânca pentru a trăi mai mult.

În capitolul șase vom analiza mai întâi felul în care desfășurarea schimbărilor de mediu ne-ar putea afecta trei necesități existențiale: oxigenul, apa și hrana. Restul capitolului se va concentra pe încălzirea globală, schimbarea care a dominat preocupările recente în ceea ce privește mediul înconjurător și a condus la apariția unui catastrofism nou — aproape apocaliptic — pe de o parte, și a negării totale a procesului, pe de altă parte. În loc să relatez și să mă pronunț asupra acestor afirmații contradictorii (prea multe cărți au făcut deja asta), voi sublinia că, în pofida unor percepții larg răspândite, acest fenomen nu a fost descoperit recent. Am înțeles fundamentele acestui proces de mai bine de 150 de ani. Mai mult, am conștientizat de peste un secol gradul de încălzire asociat cu dublarea bioxidului de carbon atmosferic și am fost avertizați despre natura fără precedent (și irepetabilă) a acestui experiment planetar cu peste o jumătate de secol în urmă (măsurătorile exacte și neîntrerupte ale bioxidului de carbon au început în 1958). Dar noi am ales să ignorăm aceste explicații, avertismente și fapte înregistrate. În schimb, ne-am multiplicat dependența de combustibilii fosili, creând o situație căreia nu i se va pune capăt ușor sau fără costuri. Cât de repede o putem schimba rămâne neclar. Să adăugăm la asta și toate celelalte îngrijorări legate de mediu și trebuie să conchidem că întrebarea existențială cheie — poate omenirea să-și împlinească aspirațiile între limitele sigure ale biosferei noastre? — nu are răspunsuri simple. Dar este absolut necesar să înțelegem esența chestiunii. Abia după aceea vom putea aborda problema în mod eficient.

În capitolul final, voi privi spre viitor, mai exact la recentele tendințe opuse de îmbrățișare a catastrofismului (cei care spun că au mai rămas doar câțiva ani până când cortina finală va cădea peste civilizația modernă) și tehno-optimism (cei care prezic că puterea invențiilor va deschide orizonturi nemărginite dincolo de limitările Pământului, transformând toate dificultățile terestre în povești lipsite de importanță). Nu este greu de bănuit că nu pun mare preț pe niciuna dintre aceste poziții și că perspectiva mea nu va favoriza niciuna dintre doctrine. Nu întrezăresc vreo ruptură iminentă cu istoria în vreuna dintre direcții; nu văd niciun rezultat deja predeterminat, ci mai degrabă o traiectorie complicată condiționată de alegerile noastre, care nu sunt nici pe departe prestabilite.

Două sunt fundamentele acestei cărți: descoperiri științifice abundente și o jumătate de secol de cercetări efectuate și cărți pe care le-am scris. În prima categorie sunt incluse subiecte variate, de la contribuțiile clasice, cum ar fi elucidările de pionierat privind conversiile de energie și gazele cu efect de seră din secolul al XIX-lea, până la ultimele evaluări ale provocărilor globale și ale probabilităților de risc. Iar această carte bogată în cunoștințe nu ar fi putut fi scrisă fără deceniile de studii interdisciplinare pe care le-am efectuat, distilate în multele mele alte cărți. Decât să recurg la vechea comparație dintre vulpi și arici (o vulpe cunoaște multe lucruri, dar un arici știe un singur lucru mare), tind să îi consider pe oamenii de știință moderni fie niște săpători de puțuri din ce în ce mai adânci (în prezent, calea dominantă spre celebritate), fie exploratori ai unor orizonturi largi (acum, un grup mult diminuat).

Să sap cel mai adânc puț posibil și să fiu un maestru neîntrecut al peticului minuscul de cer vizibil de pe fundul acestuia nu m-a atras niciodată. Am preferat întotdeauna să explorez cât mai departe și pe o arie cât mai largă, atât cât mi-au permis capacitățile mele limitate. Principala mea zonă de interes au fost, toată viața, studiile legate de energie, pentru că o înțelegere mulțumitoare a acelui domeniu vast îți cere să combini înțelegerea fizicii, chimiei, biologiei, geologiei și ingineriei cu atenția acordată istoriei și factorilor sociali, economici și politici.

Aproape jumătate dintre cele peste 40 de cărți ale mele (și în special cele cu tentă mai academică) se ocupă de diferite aspecte ale energiei, de la studii de mare anvergură privind energetica generală și energia de-a lungul istoriei până la analize mai detaliate ale categoriilor individuale de combustibili (densitatea de putere, tranzițiile de energie). Restul operei mele îmi trădează căutările interdisciplinare. Am scris despre fenomene fundamentale cum ar fi creșterea — sub toate aspectele sale naturale și antropogene — și risc; despre mediul global (biosfera, ciclurile biogeochimice, ecologia globală, productivitatea fotosintetică și recoltele agricole), hrană și agricultură, materiale (mai presus de toate, oțelul și îngrășămintele chimice), progresele tehnice și creșterea și descreșterea manufacturării, precum și despre istoria Romei antice și a Americii moderne și despre hrana japoneză.

În mod inevitabil, această carte — produsul muncii mele de-o viață și scrisă pentru nespecialiști — este o continuare a strădaniei mele îndelungate de a înțelege realitățile fundamentale ale biosferei, istoriei și lumii pe care le-am creat. Și mai face, încă o dată, ceea ce am făcut cu statornicie vreme de decenii: susține cu tărie îndepărtarea de opiniile extreme. Susținătorii recenți (și tot mai

stridenți sau tot mai nechibzuiți) ai unor astfel de poziții vor fi dezamăgiți. Nu aici vor găsi fie lamentări privind sfârșitul lumii în 2030, fie o pasiune nebună pentru uluitoarele puteri transformatoare ale inteligenței artificiale care vor sosi mai curând decât ne-am închipuit. În schimb, cartea de față încearcă să ofere o fundație pentru o perspectivă mai cumpătată și în mod necesar agnostică. Sper că abordarea mea rațională și pragmatică îi va ajuta pe cititori să înțeleagă cum funcționează lumea cu adevărat și ce șanse avem să o vedem oferind perspective mai bune generațiilor viitoare.

Dar, înainte să vă cufundați în anumite subiecte, am un avertisment și totodată o posibilă solicitare. Cartea mea este plină de numere (toate în sistemul metric) pentru că realitățile lumii moderne nu pot fi înțelese doar cu ajutorul unor descrieri calitative. Multe numere din carte sunt, inevitabil, fie prea mari, fie prea mici, iar astfel de realități sunt cel mai bine tratate din perspectiva ordinelor de mărime, etichetate cu prefixe valabile pe plan global. Dacă nu sunteți familiarizați cu aceste chestiuni, anexa referitoare la înțelegerea numerelor, mari sau mici, se îngrijește de asta și, prin urmare, unii cititori ar putea avea mai mult de câștigat dacă ar începe cartea de la final. Altfel, ne vedem în capitolul 1 pentru o analiză cantitativă aprofundată a energiilor. Este o perspectivă care n-ar trebui să se demodeze niciodată.

Capitolul 1

Să înțelegem energia

Combustibili și electricitate

Să luăm un scenariu de science-fiction inofensiv. Nu unul în care să călătorim spre planete îndepărtate în căutarea vieții, ci unul în care Pământul și locuitorii săi sunt țintele unei monitorizări de la distanță de către o civilizație extrem de inteligentă, care își trimite sondele în galaxiile apropiate. De ce face asta? Doar pentru satisfacția de a ne cunoaște într-un mod sistematic și, de asemenea, pentru a evita poate niște surprize periculoase în eventualitatea în care a treia planetă aflată pe orbita unei stele banale dintr-o galaxie spiralată devine o amenințare, sau poate pentru situația în care ar avea nevoie de o a doua casă. Prin urmare, această planetă face observații periodice asupra Pământului.

Să ne imaginăm că o sondă se apropie de planeta noastră o dată la fiecare 100 de ani și că este programată să facă o a doua trecere (o inspecție mai amănunțită) numai când detectează un tip de conversie energetică anterior neobservată — schimbarea energiei dintr-o formă în alta — sau o nouă manifestare fizică condiționată de aceasta. Din perspectiva legilor fundamentale ale fizicii, orice proces — fie el ploaie, erupție vulcanică, creșterea unei plante, relația dintre prădător și pradă din lumea animală sau dezvoltarea inteligenței umane — poate fi definit ca o succesiune de conversii energetice și, timp de câteva sute de milioane de ani după formarea Pământului, sondele vor vedea aceleași tablouri variate, dar în ultimă instanță monotone, înfățișând erupții vulcanice, cutremure de pământ și furtuni atmosferice.

Schimbări fundamentale

Primele microorganisme apar cu aproape 4 miliarde de ani în urmă, dar sondele aflate în trecere nu le înregistrează, pentru că aceste forme de viață sunt rare și rămân ascunse, fiind asociate cu craterele hidrotermale alcaline de pe fundul oceanului. Prima ocazie pentru o examinare mai detaliată apare cu circa 3,5

miliarde de ani în urmă, când o sondă aflată în trecere înregistrează primii microbi simpli, unicelulari și fotosintetici în mările puțin adânci: aceștia absorb radiația din infraroșul apropiat — cea aflată imediat după spectrul vizibil — și nu produc oxigen.[1] Sute de milioane de ani se scurg apoi fără vreo schimbare până când cianobacteriile încep să folosească energia solară vizibilă pentru a transforma CO2 și apa în noi compuși organici și pentru a elibera oxigen.[2]

Aceasta este o schimbare radicală, care va crea atmosfera oxigenată a Pământului, și totuși trece mult timp până când organisme acvatice noi, mai complexe, sunt observate cu 1,2 miliarde de ani în urmă, când sondele înregistrează evoluția și răspândirea algelor roșii viu colorate (datorită pigmentului fotosintetic ficoeritrină) și a algelor brune, mult mai mari. Algele verzi apar după aproape o jumătate de miliard de ani și, ca urmare a noii proliferări a plantelor marine, sondele primesc senzori mai buni pentru a monitoriza fundul oceanului. Acest lucru dă roade deoarece, cu peste 600 de milioane de ani în urmă, sondele fac o nouă descoperire epocală: existența primelor organisme alcătuite din celule diferențiate. Aceste creaturi aplatizate, moi, de pe fundul oceanului (cunoscute ca fauna Ediacaran, după domiciliul lor australian) sunt primele animale simple care au nevoie de oxigen pentru metabolism și, spre deosebire de alge, pe care valurile și curenții marini le aruncă de colo-colo, acestea sunt mobile.

Iar apoi sondele încep să documenteze ceea ce, comparativ vorbind, sunt schimbări rapide: în loc să treacă peste continente lipsite de viață și să aștepte sute de milioane de ani înainte de a consemna o nouă schimbare epocală, ele încep să înregistreze apariția, răspândirea și extincția unor mari varietăți de specii — fenomene care cresc, ating punctul culminant și apoi descresc. Această perioadă începe cu explozia din Cambrian a micilor ființe marine de pe fundul apelor (cu 541 de milioane de ani în urmă, dominate mai întâi de trilobiți), și continuă cu apariția primilor pești, a amfibienilor, a plantelor de uscat și a animalelor patrupede (și, în consecință, extraorinar de mobile). Extincțiile periodice reduc, sau uneori aproape că elimină această varietate și cu doar 6 milioane de ani în urmă sondele nu găsesc niciun organism dominant pe planetă.[4] Nu mult după aceea, sondele aproape că ratează semnificația unei schimbări mecanice cu implicații energetice enorme: multe animale patrupede se ridică sau merg cu stângăcie pe două picioare și cu mai bine de 4 milioane de ani în urmă această formă de locomoție devine norma pentru maimuțele antropoide, care încep să petreacă mai mult timp pe sol decât în copaci.[5]

Acum, intervalele dintre raportările unor evenimente notabile către bază se restrâng de la sute de milioane la doar sute de mii de ani. În cele din urmă, descendenții acestor prime bipede (le clasificăm drept hominieni, aparținând genului Homo, de-a lungul liniei strămoșilor noștri) fac ceva care îi ajută să se îndrepte cu repeziciune către dominanța planetară. În urmă cu câteva sute de mii de ani, sondele detectează prima utilizare extrasomatică a energiei — externă propriului corp; și anume, orice conversie de energie în afară de digerarea hranei — când unii dintre acești bipezi stăpânesc focul și încep să-l folosească în mod deliberat pentru gătit, confort și siguranță.[6] Această combustie controlată transformă energia chimică a plantelor în energie termică și lumină, cu ajutorul cărora hominienii pot consuma alimente care înainte erau greu de digerat, se încălzesc în nopțile friguroase și țin departe animalele periculoase.[7] Aceștia sunt primii pași spre modelarea și controlarea deliberată a mediului înconjurător la o scară fără precedent.

Tendința aceasta se intensifică odată cu următoarea schimbare notabilă: cultivarea plantelor. Cu circa 10 milenii în urmă, sondele înregistrează primele parcele de pământ cu plante cultivate în mod deliberat, în timp ce o mică parte din fotosinteza totală de pe Pământ devine controlată și manipulată de oameni, care domesticesc — selectează, plantează, îngrijesc și recoltează plantele pentru beneficiul lor (întârziat).[8] În scurt timp, urmează prima domesticire a animalelor. Înainte de asta, mușchii umani sunt singurele forțe primare — cele care transformă energia chimică (a hranei) în energia cinetică (mecanică) a muncii. Domesticirea animalelor de povară, începând cu vitele în urmă cu circa 9 000 de ani, furnizează prima energie extrasomatică în afară de cea a mușchilor umani — acestea sunt folosite la muncile câmpului, pentru scoaterea apei din puțuri, pentru tractarea sau transportarea încărcăturilor și ca mijloc de transport personal.[9] Iar mult mai târziu apar primele forțe primare neînsuflețite: ambarcațiunile cu pânze, cu peste cinci milenii în urmă; roțile de apă, cu peste două milenii în urmă; și morile de vânt, cu mai bine de o mie de ani în urmă.[10]

După aceea, sondele nu au multe de observat, pentru că a urmat o nouă perioadă de (relativă) încetinire: secol după secol, doar repetiție, stagnare sau creștere lentă și răspândire a acestor vechi conversii. În cele două Americi și în Australia (unde lipseau animalele de povară și orice forțe primare simple de natură mecanică), toată munca, până la sosirea europenilor, este efectuată de mușchii umani. În unele regiuni preindustriale ale Lumii Vechi, animalele domesticite, vântul, apa curgătoare și căderile de apă asigură energia unei părți semnificative din măcinarea grânelor, presarea uleiului, șlefuirea uneltelor și forjare, iar

animalele de tracțiune devin indispensabile pentru muncile grele ale câmpului (la arat, mai ales, întrucât recoltarea continuă să se facă manual), transportul mărfurilor și în războaie.

Dar, în acest punct, chiar și în societățile care dețin animale domestice și forțe primare mecanice, mare parte din muncă este în continuare efectuată de oameni. Folosind valorile totale necesare aproximative ale animalelor de muncă și oamenilor și deducând rate de muncă zilnice tipice pe baza măsurătorilor moderne ale efortului fizic, estimez că — fie la începutul celui de-al doilea mileniu al erei noastre, fie după 500 de ani (în 1500, la începutul epocii moderne timpurii) — peste 90% din toată energia mecanică utilă era asigurată de puterea animată, divizată aproximativ între oameni și animale, în vreme ce toată energia termică provenea din arderea combustibililor vegetali (în special lemn și cărbune, dar și paie și bălegar uscat).

Și apoi, în 1600, sonda extraterestră va intra în acțiune și va sesiza ceva fără precedent. În loc să se bazeze numai pe lemn, o societate insulară începe să folosească tot mai mult cărbunele, un combustibil produs de fotosinteză cu zeci sau sute de milioane de ani în urmă și fosilizat de căldură și presiune în timpul depozitării subterane îndelungate. Potrivit celor mai fidele reconstituiri, în Anglia, cărbunele ca sursă de căldură a depășit utilizarea combustibililor de tip biomasă în jurul anului 1620 (poate chiar mai devreme); până în 1650, arderea cărbunelui fosil furnizează două treimi din toată căldura; iar până în 1700 fracția ajunge la 75%.[11] Anglia are un start excepțional de timpuriu: toate câmpurile carbonifere care fac din Regatul Unit liderul economic mondial în secolul al XIX-lea produc deja cărbune înainte de 1640.[12] Și apoi, chiar la începutul secolului al XVIII-lea, unele mine din Anglia încep să se bazeze pe motoarele cu aburi, primele forțe primare neînsuflețite acționate prin arderea unui combustibil fosil.

Aceste motoare au un randament atât de mic, încât pot fi instalate doar în mine, unde rezerva de combustibil este la îndemână și nu necesită transportarea.[13] Dar, vreme de generații, Regatul Unit rămâne pentru sonda extraterestră națiunea cea mai interesantă deoarece a adoptat foarte de timpuriu acest tip de combustibil. Chiar și în jurul anului 1800, extracția combinată de cărbune din câteva țări europene și Statele Unite ale Americii reprezintă o mică fracție din produc-ția britanică.

Până în 1800, sonda spațială aflată în trecere va consemna că, pe toată planeta,

combustibilii vegetali continuă să asigure peste 98% din toată căldura și lumina folosite de bipedele dominante și că mușchii oamenilor și ai animalelor furnizează în continuare peste 90% din energia mecanică necesară în agricultură, construcții și manufacturare. În Regatul Unit, unde James Watt a introdus motorul cu aburi îmbunătățit în anii 1770, compania Boulton & Watt a început să construiască motoare a căror putere medie echivalează cu cea a 25 de cai puternici, dar până în 1800 vânduseră mai puțin de 500 de astfel de mașini, cu un impact aproape infim asupra puterii totale furnizate de caii de tracțiune și lucrătorii angrenați în munca grea.[14]

Chiar și până în 1850, creșterea extracției de cărbune din Europa și America de Nord asigură nu mai mult de 7% din toată energia produsă de combustibilii fosili, aproape jumătate din toată energia cinetică utilă provine de la animalele de povară, circa 40% de la mușchii umani și doar 15% din cele trei forțe primare neînsuflețite: roțile de apă, morile de vânt și motoarele cu aburi care se răspândeau destul de lent. Lumea anului 1850 seamănă mult mai mult cu cea din 1700 sau chiar din 1600, decât cu cea a anului 2000.

Dar, până în 1900, cota globală atât a combustibililor fosili, cât și a celor regenerabili, precum și a forțelor primare se schimbă considerabil, întrucât sursele moderne de energie (cărbunele și unele cantități de țiței) furnizează jumătate din întreaga energie primară, iar combustibilii tradiționali (lemn, cărbune, paie), cealaltă jumătate. Turbinele de apă din hidrocentrale generează pentru prima oară electricitate primară în anii 1880; mai târziu, vine electricitatea geotermală, iar după al Doilea Război Mondial, electricitatea nucleară, solară și eoliană (noile regenerabile). Dar, până în 2020, peste jumătate din electricitatea mondială este generată tot prin arderea combustibililor fosili, în principal cărbune și gaze naturale.

În 1900, forțele primare neînsuflețite furnizează circa jumătate din toată energia mecanică: motoarele cu abur produs prin arderea cărbunelui au contribuția cea mai mare, urmate de roțile de apă mai bine proiectate și de noile turbine de apă (introduse prima oară în anii 1830), morile de vânt și noile turbine cu abur (la sfârșitul anilor 1880) și în fine motoarele cu ardere internă (pe bază de benzină, și ele introduse prima oară în anii 1880).[15]

Pe la 1950, combustibilii fosili asigură aproape trei sferturi din energia primară (dominată în continuare de cărbune), iar forțele primare neînsuflețite — având acum pe primul loc motoarele cu ardere internă acționate cu benzină și

motorină — furnizează peste 80% din întreaga energie mecanică. Iar în jurul anului 2000, doar locuitorii săraci din țările în curs de dezvoltare se bazează pe combustibilii de tip biomasă, lemnul și paiele furnizând numai circa 12% din energia primară a planetei. Forțele primare însuflețite dețin doar un procent de 5% din energia mecanică, în vreme ce eforturile umane și munca animalelor de tracțiune sunt înlocuite aproape complet de mașini alimentate cu lichide sau de motoare electrice.

În ultimele două secole, sondele extraterestre vor fi fost martorele unei înlocuiri rapide la nivel global a surselor de energie primară, însoțită de o expansiune și diversificare a rezervei de energie fosilă și de nu mai puțin rapida introducere, adoptare și creștere a capacității noilor forțe primare neînsuflețite — primele motoare cu abur produs prin arderea cărbunelui, apoi motoarele cu ardere internă (cu pistoane și turbine). Cea mai recentă vizită ar da la iveală o societate cu adevărat globală construită și definită de conversii pe scară largă, staționare și mobile ale carbonului fosil, care au loc pretutindeni, mai puțin în regiunile nelocuite ale planetei.

Utilizări moderne ale energiei

Ce diferență a făcut această mobilizare a energiilor extrasomatice? Rezerva globală de energie primară se referă de obicei la producția totală (brută), dar este mai concludent să examinăm energia care este efectiv disponibilă pentru a fi convertită în forme utile. Pentru asta, trebuie să scădem pierderile de preconsum (din timpul sortării și curățării cărbunelui, rafinării țițeiului și al procesării gazelor naturale), utilizarea non-energetică (în principal ca materii prime pentru industriile chimice și de asemenea ca uleiuri lubrifiante pentru mașini — de la pompe la turbinele aeronavelor — și ca materiale de pavaj), și pierderile din timpul transportului electricității. Cu aceste ajustări — și rotunjind din greu pentru a evita impresia de exactitate neîntemeiată —, calculele mele arată o creștere de 60 de ori în utilizarea combustibililor fosili în secolul al XIX-lea, una de 16 ori de-a lungul secolului XX și, în ultimii 220 de ani, o creștere de circa 1 500 de ori.[16] Această dependență crescândă de combustibilii fosili este cel mai important factor în explicarea progresului civilizației moderne — și totodată a

preocupărilor noastre implicite legate de vulnerabilitatea stocurilor și a impactului ecologic al arderii lor. În realitate, câștigul de energie a fost substanțial mai mare decât valoarea de 1 500 de ori pe care am menționat-o pentru că trebuie să ținem cont de creșterea concurentă a randamentelor medii de conversie.[17] În 1800, arderea cărbunelui în cuptoare și boilere pentru producerea căldurii și a apei calde nu avea un randament mai mare de 15 — 30% și doar 2% din cărbunele consumat de motoarele cu abur era convertit în lucru mecanic util, astfel încât randamentul general de conversie era de maximum 15%. Un secol mai târziu, cuptoarele, boilerele și motoarele mai bune au crescut randamentul general până aproape de 20%, iar în anul 2000 rata medie de conversie era de circa 50%. În consecință, în secolul XX s-a înregistrat o creștere de aproape 40 de ori a energiei utile; față de 1800, câștigul a fost de circa 3 500 de ori.

Pentru a obține o imagine și mai clară a magnitudinii acestor schimbări, trebuie să formulăm aceste rate în unități pe cap de locuitor. Populația globală a crescut de la 1 miliard în 1800 la 1,6 miliarde în 1900 și la 6,1 miliarde în anul 2000, prin urmare rezerva de energie utilă a crescut (toate valorile sunt exprimate în gigajouli pe cap de locuitor) de la 0,05 în 1800 la 2,7 în 1900 și până la circa 28 în anul 2000. Ascensiunea de după anul 2000 a Chinei pe scena mondială a fost principalul motiv al creșterii și mai mari a ratei globale la circa 34 GJ/cap de locuitor până în anul 2020. Astăzi, un locuitor mediu al Pământului are la dispoziție de aproape 700 de ori mai multă energie utilă decât aveau strămoșii lui la începutul secolului al XIX-lea. Mai mult, în cursul vieții oamenilor născuți imediat după al Doilea Război Mondial, creșterea ratei a fost de peste trei ori, de la circa 10 la 34 GJ/cap de locuitor între anii 1950 și 2020. Transpunând ultima rată în echivalente pe care e mai ușor să ni le imaginăm, este ca și cum un pământean mediu a avut în fiecare an la dispoziția sa circa 800 de kilograme (0,8 tone sau aproape șase barili) de țiței sau circa 1,5 tone de cărbune bituminos de bună calitate. Iar dacă redăm asta în termeni de muncă fizică, este ca și cum 60 de adulți ar munci non-stop, zi și noapte, pentru fiecare locuitor mediu al planetei; iar pentru cetățenii țărilor bogate, acest echivalent al adulților care muncesc neîncetat ar fi, de la caz la caz, în special între 200 și 240. În medie, oamenii au acum la dispoziție cantități de energie nemaipomenit de mari.

Consecințele acestui fapt în ceea ce privește efortul uman, orele de muncă fizică, timp liber și standardul de viață general sunt evidente. O abundență de energie utilă stă la baza tuturor câștigurilor de care ne bucurăm — de la o alimentație mai bună la transportul de masă; de la mecanizarea producției și a transportului la comunicații electronice personale instantanee — care au devenit norma și nu

excepția în toate țările bogate. Schimbările recente la scară națională sunt foarte variate. După cum era de așteptat, ele sunt mai mici pentru acele țări cu venituri ridicate în care se înregistra deja, încă de acum un secol, o utilizare relativ mare a energiei pe cap de locuitor, creșterea fiind mai mare la națiunile care au cunoscut cea mai rapidă modernizare a economiilor lor începând cu 1950, în special Japonia, Coreea de Sud și China. Între 1950 și 2020, Statele Unite și-au dublat, cu aproximație, energia utilă pe cap de locuitor furnizată de combustibilii fosili și electricitatea primară (până la circa 150 de gigajouli); în Japonia, rata a crescut de peste cinci ori (până la aproape 80 GJ/cap de locuitor), iar China a cunoscut o creștere uluitoare, de peste 120 de ori (până aproape de 50 GJ/cap de locuitor)[18].

Să urmărim traiectoria distribuirii energiei utile este atât de concludent deoarece energia nu este doar o componentă oarecare din structura complexă a biosferei, a societăților umane și a economiilor acestora și nici o simplă variabilă în ecuațiile complicate care determină evoluția acestor sisteme aflate în interacțiune. Conversiile de energie sunt însăși baza vieții și a evoluției. Istoria modernă poate fi văzută ca o succesiune neobișnuit de rapidă a tranzițiilor la noi surse de energie, iar lumea modernă este rezultatul cumulativ al conversiilor acestora.

Fizicienii au fost primii care au înțeles importanța fundamentală a energiei în viața oamenilor. În 1886, Ludwig Boltzmann, unul dintre părinții fondatori ai termodinamicii, a descris energia liberă — energia disponibilă pentru conversii — ca fiind Kampfobject (obiect de luptă) pentru viață, care este în ultimă instanță dependentă de radiația solară.[19] Erwin Schrödinger, care a primit Premiul Nobel pentru Fizică în 1933, a sintetizat baza vieții: „Lucrul cu care se hrănește un organism este entropie negativă“ (entropia negativă sau negentropia = energia liberă).[20] În anii 1920, preluând această idee fundamentală de la fizicienii secolului al XIX-lea și începutul secolului XX, matematicianul și statisticianul american Alfred Lotka a conchis că organismele care captează cel mai bine energia disponibilă dețin un avantaj evoluționist.[21]

La începutul anilor 1970, ecologistul american Howard Odum a explicat cum „tot progresul se datorează subvențiilor speciale pentru energie și oricând și oriunde acestea sunt eliminate, progresul dispare“.[22] Și, mai recent, fizicianul Robert Ayres a subliniat în mod repetat în scrierile sale ideea centrală de energie în toate economiile: „Sistemul economic este în esență un sistem pentru extragerea, procesarea și transformarea energiei ca resursă în energie încorporată în produse și servicii“.[23] În termeni simpli, energia este singura monedă cu

adevărat universală și nimic (de la rotațiile galactice la viețile efemere ale insectelor) nu poate avea loc fără transformările sale.[24]

Date fiind toate aceste realități ușor de verificat, este greu de înțeles de ce economia modernă, acel cumul de explicații și percepte ai cărui practicieni exercită mai multă influență asupra politicii publice decât orice alți experți, a ignorat în mare măsură energia. După cum a remarcat Ayres, economiei nu numai că-i lipsește o conștientizare sistematică a importanței energiei pentru procesul fizic de producție, dar presupune „că energia nu contează (mult) deoarece cota-parte a costului energiei în economie este atât de mică, încât poate fi ignorată… ca și cum producția poate fi realizată doar prin muncă și capital — sau ca și cum energia este doar o formă a capitalului făcut de om, care poate fi produs (prin contrast cu „extras“) prin muncă și capital“.[25]

Economiștii moderni nu își primesc recompensele și premiile pentru că sunt preocupați de energie, iar societățile moderne se îngrijorează în privința ei doar când aprovizionarea cu orice formă comercială de energie pare a fi periclitată și prețurile cresc brusc. Ngram Viewer de la Google, un instrument care îți permite să vezi popularitatea termenilor care au apărut în sursele tipărite între anii 1500 și 2019, ilustrează acest aspect: în timpul secolului XX, frecvența termenului „prețul energiei“ a rămas aproape neglijabilă, până la o creștere bruscă apărută la începutul anilor 1970 (cauzată de mărirea de cinci ori de către OPEC a prețurilor la țițeiul brut; detaliile legate de acest eveniment sunt redate mai jos, în acest capitol) și a atins maximumul la începutul anilor 1980. După ce prețurile au scăzut, a urmat un declin similar, iar în anul 2019 termenul „prețul energiei“ nu era menționat mai frecvent decât în 1972.

Nu putem înțelege cum funcționează lumea cu adevărat fără a avea măcar un minimum de educație energetică. În acest capitol voi explica mai întâi că energia poate că nu e ușor de definit, dar că este simplu să nu comitem greșeala des întâlnită de a o confunda cu puterea. Vom vedea modul în care diferite forme de energie (cu avantajele și dezavantajele lor specifice) și diferitele densități de energie (energia înmagazinată în unitatea de masă sau volum, mărime esențială pentru stocarea energiei și portabilitatea acesteia) au afectat diferite etape ale dezvoltării economice și voi face câteva estimări realiste ale dificultăților pe care le întâmpină trecerea la societăți care să se bazeze pe tot mai puțin carbon fosil. După cum vom vedea, civilizația noastră se bazează atât de mult pe combustibilii fosili, încât următoarea tranziție va dura mult mai mult decât crede majoritatea oamenilor.

Ce este energia?

Cum definim această cantitate fundamentală? Etimologia grecească este clară. Aristotel, când a scris Metafizica, a combinat εν (în) cu εργον (lucru) și a conchis că orice obiect este menținut de ενεργεια[26]. Înțelegerea acestui fapt a înzestrat toate obiectele cu potențialul de acțiune, mișcare și schimbare — o caracterizare deloc rea a unui potențial de a fi transformat în alte forme, prin ridicare, aruncare sau ardere.

Puține s-au schimbat în următoarele două milenii. În cele din urmă, Isaac Newton (1643 — 1727) a formulat legile fundamentale ale fizicii care cuprind masa, forța și impulsul, iar a doua lege a mișcării a făcut posibilă derivarea unității de bază pentru energie. Folosind unitățile științifice moderne, 1 joule este o forță de 1 newton — adică, masa de 1 kilogram accelerată cu 1 m/s^2 — acționând pe distanța de 1 metru.[27] Dar această definiție se referă doar la energia cinetică (mecanică) și cu siguranță nu oferă o înțelegere intuitivă a energiei în toate formele sale.

Modul nostru practic de înțelegere a energiei a fost mult extins în timpul secolului XIX datorită numeroaselor experimente din acea epocă având ca obiect arderea, căldura, radiația și mișcarea.[28] Astfel s-a ajuns la definiția energiei care a rămas cea mai comună: „capacitatea de a efectua lucru mecanic“ — o definiție valabilă doar când termenul „lucru mecanic“ înseamnă nu numai o anumită muncă investită, ci și, după cum s-a exprimat unul dintre fizicienii de frunte ai epocii, „un act fizic generalizat de a produce o schimbare de configurație într-un sistem în opoziție cu o forță care se opune acelei schimbări“.[29] Dar și aceasta este încă prea newtoniană pentru a fi intuitivă.

Nu există o modalitate mai bună de a răspunde la întrebarea „ce este energia?“ decât prin referire la unul dintre cei mai intuitivi fizicieni ai secolului XX — la mintea versatilă a lui Richard Feynman, cel care (în celebra sa lucrare Lectures on Physics*) a abordat provocarea în maniera sa directă, subliniind că „energia are un mare număr de forme diferite și pentru fiecare dintre ele există o formulă. Acestea sunt: energia gravitațională, energia cinetică, energia calorică, energia elastică, energia electrică, energia chimică, energia radiantă, energia nucleară,

energia masei“.

După care vine această concluzie dezarmantă, dar indubitabilă:

Este important să ne dăm seama că, în fizica de astăzi, nu știm ce este energia. Nu avem o imagine care să ne spună că energia se găsește sub forma unor picături de o cantitate definită. Lucrurile nu stau așa. Totuși, există formule pentru calcularea unor cantități numerice, iar când le adunăm pe toate obținem… mereu același număr. Este o chestie abstractă prin faptul că nu ne spune mecanismul sau motivele pentru diferitele formule.[30]

Și într-adevăr așa a fost. Putem folosi formule pentru a calcula, foarte precis, energia cinetică a unei săgeți în mișcare sau a unui avion în zbor, sau energia potențială a unui bolovan masiv care e pe punctul de a se rostogoli de pe un munte, sau energia termică eliberată în urma unei reacții chimice, sau energia luminoasă (radiantă) a unei lumânări pâlpâitoare sau a unui laser — dar nu putem reduce aceste energii la o singură entitate, ușor de descris în mintea noastră.

Însă natura alunecoasă a energiei nu a tulburat armatele de experți ocazionali. Încă de la începutul anilor 1970, când energia a devenit un subiect important în discursul public, aceștia și-au expus opiniile în chestiunile legate de energie cu ignoranță și zel. Energia se numără printre cele mai eluzive și mai greșit înțelese concepte și o proastă înțelegere a realităților de bază a dus la multe iluzii și amăgiri. După cum am văzut, energia există sub diferite forme, iar pentru a ne-o face utilă trebuie să convertim o formă a ei într-un alt tip. Dar tratarea monolitică a acestei noțiuni abstracte cu fațete multiple a reprezentat norma, ca și cum diferitele forme de energie se puteau substitui fără eforturi.

Unele dintre aceste substituiri sunt atât relativ ușoare, cât și benefice. Înlocuirea lumânărilor (energia chimică a cerii transformată în energie radiantă) cu becurile electrice alimentate cu electricitate generată de turbinele cu aburi (energia chimică a combustibililor transformată mai întâi în căldură și apoi în energie electrică, ce este apoi transformată în energie radiantă) a avut drept rezultat multe beneficii evidente (un tip de energie mai sigur, mai luminos, mai ieftin,

mai fiabil). Înlocuirea motoarelor de locomotive acționate cu aburi sau alimentate cu motorină cu motoare electrice a permis obținerea unui mijloc de transport mai ieftin, mai curat și mai rapid: toate trenurile aerodinamice de mare viteză sunt electrice. Totuși multe dintre substituirile dezirabile rămân mai scumpe sau sunt posibile dar inaccesibile ca preț pentru o anumită perioadă, ori sunt imposibile la proporțiile cerute — oricât de tare le-ar lăuda virtuțile susținătorii lor.

Mașinile electrice sunt un exemplu la îndemână pentru prima categorie: acum disponibile cu ușurință, cele mai bune modele sunt destul de fiabile, dar în 2020 continuau să fie mai scumpe decât vehiculele de dimensiuni similare acționate de motoare cu combustie internă. Pentru cea de-a doua categorie, așa cum voi detalia în capitolul următor, sinteza amoniacului necesar pentru producerea îngrășămintelor azotoase depinde acum în mare măsură de gazul natural ca sursă de hidrogen. Hidrogenul poate fi produs în schimb prin descompunerea apei (prin electroliză), dar această metodă rămâne de aproape cinci ori mai scumpă decât atunci când acest element este derivat din metanul abundent și ieftin — și mai avem încă de așteptat până când vom crea o industrie a hidrogenului la scară largă. Iar zborurile comerciale pe distanțe lungi acționate cu electricitate (echivalent cu zborul unui Boeing 787 alimentat cu kerosen de la New York la Tokyo) sunt un exemplu remarcabil pentru ultima categorie: așa cum vom vedea, aceasta este o conversie de energie care va rămâne nerealistă pentru multă vreme de-acum încolo.

Prima lege a termodinamicii stabilește că nicio energie nu este vreodată pierdută în timpul conversiilor: fie de la chimică la chimică când digerăm hrana; de la chimică la mecanică atunci când mișcăm mușchii; de la chimică la termică atunci când ardem gazul natural; de la termică la mecanică atunci când rotim o turbină; de la mecanică la electrică într-un generator; sau din electrică în electromagnetică atunci când lumina iluminează pagina pe care o citești. Totuși, în urma oricărei conversii de energie rezultă o căldură disipată de temperatură joasă. Nicio cantitate de energie nu s-a pierdut, dar utilitatea ei, capacitatea de a efectua lucru mecanic util, a dispărut (a doua lege a termodinamicii).[31]

Toate formele de energie pot fi măsurate în aceleași unități — joule este unitatea științifică, iar caloriile sunt des folosite în studiile nutriționale. În capitolul următor, când voi detalia enormele subvenții energetice care intră în producția modernă de hrană, ne vom întâlni cu realitatea diferitelor calități ale energiei. Producția de pui necesită energii al căror total este de câteva ori mai mare decât

conținutul energetic al cărnii comestibile. Deși putem calcula proporția subsidiilor în termeni de cantități de energie (jouli care intră/jouli care ies) — există, în mod evident, o diferență fundamentală între inputuri și outputuri: nu putem digera motorină sau electricitate, în vreme ce carnea slabă de pui este un aliment aproape perfect digerabil ce conține proteine de calitate înaltă, un macronutrient indispensabil care nu poate fi înlocuit de o cantitate egală de energie din lipide sau carbohidrați.

Sunt multe variante disponibile când vine vorba de conversii energetice, unele cu mult mai bune decât altele. Densitățile mari ale energiei chimice din kerosen și motorină sunt excelente pentru zborurile și transportul naval intercontinental, dar dacă vrei ca submarinul tău să rămână sub apă în timp ce traversează Oceanul Pacific, atunci cea mai bună alegere este fisiunea uraniului îmbogățit într-un mic reactor care să producă electricitate.[32] Și, revenind pe uscat, reactoarele nucleare mari sunt producătoarele cele mai fiabile de electricitate. Unele dintre ele generează acum într-o proporție de 90–95% din timp, față de circa 45% pentru cele mai bune turbine eoliene depărtate de coastă și 25% pentru celulele fotovoltaice chiar și în cele mai însorite regiuni — în vreme ce panourile solare din Germania produc electricitate doar circa 12% din timp.[33]

Aici este vorba de noțiuni simple de fizică sau inginerie electrică, dar este remarcabil cât de des sunt ignorate aceste realități. O altă greșeală comună este confundarea energiei cu puterea, iar asta se întâmplă chiar mai frecvent. Ea trădează ignoranță în materie de fizică elementară și una care, în mod regretabil, nu este limitată la utilizarea nespecialiștilor. Energia este o mărime scalară, care în fizică este o cantitate descrisă doar de mărimea ei; volumul, masa, densitatea, timpul și viteza sunt alte mărimi scalare des întâlnite. Puterea măsoară energia în unitatea de timp și prin urmare este o rată (în fizică, rata măsoară schimbarea, de obicei într-un timp dat).

Instalațiile care generează electricitate sunt denumite de obicei „uzine de putere“** — dar puterea este pur și simplu rata producției de energie sau de utilizare a energiei. Puterea este egală cu energia împărțită la timp: în unități științifice avem wați = jouli/secunde. Energia este puterea înmulțită cu timpul: jouli = wați × secunde. Dacă aprinzi o mică lumânare votivă într-o biserică romano-catolică, s-ar putea să ardă timp de 15 ore, convertind energia chimică a cerii în căldură (energie termică) și lumină (energie electromagnetică) cu o putere medie de aproape 40 de wați.[34]

Din nefericire, chiar și publicațiile inginerești scriu adesea despre o „centrală de putere care generează 1 000 MW de electricitate“, dar acest lucru este imposibil. O centrală electrică poate avea o putere instalată (nominală) de 1 000 megawați — cu alte cuvinte, poate produce electricitate la acea rată — dar făcând asta va genera 1 000 de megawați-ore sau (în unități științifice fundamentale) 3,6 bilioane de jouli într-o oră (1 000 000 000 wați × 3 600 secunde). Analog, rata metabolică bazală a unui bărbat adult (energia necesară în repaus complet pentru îndeplinirea funcțiilor esențiale ale organismului) este de circa 80 wați, sau 80 jouli pe secundă; numai ca să stea întins în pat toată ziua, un bărbat de 70 de kilograme tot va avea nevoie de circa 7 megajouli (80 × 24 × 3 600) de energie din alimente sau aproximativ 1 650 kilocalorii, pentru a menține temperatura corporală, pentru a-și energiza bătăile inimii și pentru ca multitudinea de reacții enzimatice să poată avea loc.[35]

Cel mai recent, o înțelegere deficitară a energiei i-a făcut pe susținătorii noii lumi verzi să ceară cu naivitate trecerea aproape instantanee de la abominabilii combustibili fosili, poluanți și finiți, la electricitatea solară superioară, verde și veșnic regenerabilă. Însă hidrocarburile lichide rafinate din țiței (benzina, kerosenul aviatic, motorina, țițeiul greu rezidual) au cele mai mari densități energetice dintre toți combustibilii disponibili și prin urmare sunt în mod clar cei mai potriviți pentru acționarea tuturor mijloacelor de transport.

Iată o scară a densităților (toate valorile exprimate în gigajouli pe tonă): lemn uscat în aer, 16; cărbune bituminos (în funcție de calitate), 24 — 30; kerosen și motorină, circa 46. În termeni volumetrici (toate valorile exprimate în gigajouli pe metru cub), densitățile energetice sunt de doar 10 pentru lemn, 26 pentru cărbunele de calitate, 38 pentru kerosen. Gazul natural (metanul) conține doar 35 MJ/m^3 — sau mai puțin de 1/1 000 din densitatea kerosenului.[36]

Implicațiile densității energetice — precum și ale proprietăților fizice ale combustibililor — pentru transport sunt evidente. Navele transatlantice acționate de motoare cu abur nu ard lemn pentru că, păstrând celelalte mărimi egale, lemnul de foc ar ocupa un volum de 2,5 ori mai mare decât cel al cărbunelui bituminos necesar pentru traversarea oceanului (și ar fi cu cel puțin 50% mai greu), reducând considerabil capacitatea navei de a transporta oameni și mărfuri. Nu ar putea să existe avioane acționate cu gaz natural deoarece densitatea energetică a metanului este cu trei ordine de mărime mai mică decât cea a kerosenului aviatic, așa cum n-ar putea să existe zboruri acționate de cărbune — diferența de densitate nu este atât de mare, dar cărbunele nu ar putea să curgă de

la rezervoarele din aripi la motoare.

Iar avantajele combustibililor lichizi nu se rezumă la densitatea energetică mare. Spre deosebire de cărbune, țițeiul este mult mai ușor de produs (nu e nevoie să trimiți mineri în subteran sau să urâțești peisajul cu mari gropi deschise), de depozitat (în bazine sau în subteran — datorită densității energetice mult mai mari a petrolului, orice spațiu închis poate stoca în mod obișnuit cu 75% mai multă energie sub formă de combustibil lichid față de cărbune) și de distribuit (intercontinental cu tancuri petroliere și prin conducte, cel mai sigur transfer de masă pe distanțe lungi) și, în consecință, este ușor disponibil la cerere.[37] Petrolul brut trebuie rafinat pentru a separa amestecul complex de hidrocarburi în anumiți combustibili — benzina fiind cea mai ușoară; păcura, cea mai grea — dar acest proces generează mai mulți combustibili valoroși pentru utilizări specifice și de asemenea rezultă produse indispensabile necombustibile, cum ar fi lubrifianții.

Lubrifianții sunt necesari pentru minimizarea frecării în toate, de la masivele motoare cu turbină ale avioanelor cu reacție de mari dimensiuni până la rulmenții miniaturali.[38] Pe plan global, sectorul auto, având acum peste 1,4 miliarde de vehicule pe șosele, este cel mai mare consumator, urmat de utilizarea în industrie — cele mai mari piețe fiind textilele, energia, industria chimică și procesarea alimentelor — și în navele de pe oceane. Anual, consumul acestor compuși depășește acum 120 megatone (pentru comparație, producția globală a tuturor uleiurilor comestibile, de la cel de măsline la cel de soia, este în prezent de circa 200 megatone pe an), și, dat fiind că alternativele disponibile — lubrifianții sintetici obținuți din compuși mai simpli, dar care adesea se bazează tot pe petrol, în locul celor derivați direct din țiței — sunt mai scumpe, această cerere va crește și mai mult pe măsură ce aceste industrii se extind pe toată planeta.

Un alt produs derivat din țiței este asfaltul. Producția globală pentru acest material negru și lipicios este acum de ordinul a 100 de megatone, din care 85% intră în pavaje (amestecuri de asfalt fierbinte și cald) și cea mai mare parte din rest la izolarea acoperișurilor.[39] Iar hidrocarburile mai au o utilizare indispensabilă non-combustibilă: ca materii prime pentru multe sinteze chimice (dominate de etan, propan și butan din gazul natural lichefiat) care produc o mare varietate de fibre sintetice, rășini, adezivi, coloranți, vopsele și materiale pentru acoperiri, detergenți și pesticide, toate fiind vitale într-o multitudine de moduri pentru lumea noastră modernă.[40] Ținând cont de aceste avantaje și beneficii, era previzibil — ba chiar inevitabil — ca dependența noastră de țiței să

crească din momentul în care produsul a devenit mai accesibil ca preț și a putut fi livrat pe tot globul în condiții de siguranță.

Trecerea de la cărbune la țiței s-a realizat în mai multe generații. Extracția comercială de țiței a început în anii 1850 în Rusia, Canada și SUA. Puțurile, forate prin metoda străveche a percuției, care presupunea ridicarea și căderea unei sape tăietoare grele, erau puțin adânci, productivitatea lor zilnică era scăzută, iar gazul lampant (care a înlocuit untura de balenă și lumânările) era principalul produs al rafinării simple a țițeiului.[41]. Noile piețe pentru produsele rafinate din petrol au fost create numai după adoptarea pe scară largă a motoarelor cu ardere internă: mai întâi cele alimentate cu benzină (ciclul Otto) destinate automobilelor, autobuzelor și camioanelor; apoi motoarele mai eficiente ale lui Rudolf Diesel, alimentate cu fracțiunea mai grea și mai ieftină (ați ghicit, motorina) și utilizate în special la nave, camioane și mașinile grele (pentru mai multe detalii despre aceste aspecte, vezi capitolul 4 despre globalizare). Răspândirea acestor noi forțe motrice a fost lentă, iar Statele Unite și Canada erau singurele două țări cu procentaje mari de deținători de automobile înaintea celui de-al Doilea Război Mondial.

Petrolul brut a devenit un combustibil global și, în cele din urmă, cea mai importantă sursă de energie primară a planetei, ca urmare a descoperirii câmpurilor petroliere gigantice din Orientul Mijlociu și din URSS — și, firește, ca urmare a apariției marilor tancuri petroliere. Unele dintre puțurile gigantice din Orientul Mijlociu au fost săpate prima oară în anii 1920 și 1930 (Gachsaran din Iran și Kirkuk din Irak în 1927, Burgan din Kuweit în 1937), dar în majoritate ele au fost descoperite după război, inclusiv Ghawar (cel mai mare din lume) în 1948, Sfaniya în 1951 și Manifa în 1957, toate în Arabia Saudită. Cele mai mari descoperiri sovietice au avut loc în 1948 (Romașkino în bazinul Volga-Urali) și în 1965 (Samotlor din vestul Siberiei).[42]

Creșterea și relativa descreștere a țițeiului

Utilizarea pe scară largă a automobilelor în Europa și Japonia și trecerea concomitentă a economiilor acestor țări de la cărbune la petrol brut și ulterior la gazul natural a început abia în anii 1950, așa cum s-a întâmplat și cu

expansiunea comerțului și călătoriilor internaționale (incluzând primele avioane mari cu reacție pentru pasageri) și cu utilizarea materiilor prime petrochimice pentru sinteza amoniacului și materiale plastice. Extracția globală de țiței s-a dublat în anii 1950, iar în 1964 petrolul brut a devenit cel mai important combustibil fosil al planetei, detronând cărbunele, dar deși producția a continuat să crească, rezervele rămâneau îndestulătoare, așa încât prețurile scădeau. În valori ajustate după inflație, prețul mondial al petrolului era mai scăzut în 1950 decât în 1940, mai scăzut în 1960 decât în 1950 și, la fel, mai mic în 1970 decât în 1960.[43]

Deloc surprinzător, cererile veneau din toate sectoarele. În termeni reali, țițeiul era atât de ieftin încât nu exista nicio motivație pentru a fi folosit în mod eficient. Casele americane din regiuni cu climă rece, încălzite în proporție tot mai mare cu sobe cu petrol, aveau ferestrele cu panouri simple de geam și fără o izolare adecvată a zidurilor; randamentul mediu al mașinilor americane a scăzut de fapt în perioada 1933–1973; iar industriile energo-intensive au continuat să opereze pe baza unor procese ineficiente.[44] Probabil cel mai demn de remarcat este faptul că ritmul de înlocuire a vechilor cuptoare Martin (cu vatră deschisă) cu cuptoarele superioare cu oxigen în producerea oțelului a fost mult mai lent decât în Japonia și Europa Occidentală.

Spre sfârșitul anilor 1960, cererea pentru petrol, deja mare pe piața americană, a crescut cu aproape 25%, iar pe plan global cererea a crescut cu aproape 50%. În Europa, cererea aproape s-a dublat între 1965 și 1973, iar importurile japoneze s-au mărit de circa 2,3 ori.[45] Așa cum am menționat, noile descoperiri de zăcăminte petroliere au acoperit această creștere accelerată a cererii, iar petrolul se vindea la un preț care în esență era același ca în 1950. Totuși, această situație era prea frumoasă ca să dureze. În 1950, Statele Unite încă produceau 53% din tot petrolul lumii; în 1970, deși a rămas cel mai mare producător, cota parte a Statelor Unite a scăzut la mai puțin de 23% — și era clar că țara va avea nevoie de importuri crescute — în vreme ce Organizația Țărilor Exportatoare de Petrol (OPEC***) producea 48%.

OPEC, înființată în 1960 la Bagdad de numai cinci țări pentru a preveni o scădere și mai mare a prețului, a avut timpul de partea sa: în anii 1960 nu era îndeajuns de mare ca să se impună, dar în 1970 cota sa parte din producție, combinată cu scăderea extracției din America (care a cunoscut un vârf în 1970), a făcut ca solicitările sale să fie imposibil de ignorat.[46]

În aprilie 1972, Comisia pentru Căi Ferate a statului Texas și-a ridicat limitele impuse asupra producției statului și, prin urmare, a cedat controlul asupra prețului, pe care îl deținea din anii 1930. În 1971, Algeria și Libia au început să-și naționalizeze producția de petrol, urmate de Irak în 1972, același an în care Kuweit, Qatar și Arabia Saudită au început preluarea treptată a câmpurilor lor petrolifere — care, până în acel moment, fuseseră în mâinile unor corporații străine. Apoi, în aprilie 1973, Statele Unite au pus capăt limitelor impuse asupra importului de țiței la est de Munții Stâncoși. Dintr-odată, piața petrolului a devenit o piață a vânzătorului (cererea a depășit oferta), iar pe 1 octombrie 1973, OPEC și-a ridicat prețul afișat cu 16%, la 3,01 dolari pe baril, după care șase state din Golful Persic au crescut prețul cu încă 17% și, după victoria Israelului asupra Egiptului în Sinai din octombrie 1973, s-a instituit embargoul asupra tuturor exporturilor de petrol către SUA.

Pe 1 ianuarie 1974, statele din Golf au crescut prețul afișat la 11,65 dolari pe baril, definitivând o creștere de 4,5 ori a costului acestei surse esențiale de energie într-un singur an — ceea ce a pus capăt epocii de expansiune economică rapidă care a fost alimentată de petrolul ieftin. Între 1950 și 1973, producția economică a Europei Occidentale aproape că s-a triplat, iar produsul național brut (PNB) al SUA a crescut de peste două ori în decursul acelei singure generații. Între 1973 și 1975, rata de creștere economică globală a scăzut cu circa 90% și de îndată ce economiile afectate de prețurile mai mari ale petrolului au început să se adapteze la aceste realități noi — în primul rând prin creșteri impresionante ale randamentelor energetice industriale — căderea monarhiei iraniene și instaurarea în Iran a teocrației fundamentaliste a dus la un al doilea val de creșteri ale prețului petrolului, de la circa 13 dolari în 1978 la 34 de dolari în 1981, și la un nou declin de 90% în rata globală a creșterii economice între anii 1979 și 1982.[47]

Prețul de peste 30 de dolari pe baril era unul apt să distrugă cererea, astfel că în 1986 petrolul se vindea din nou cu 13 dolari barilul, pregătind terenul pentru încă o rundă a globalizării — de data asta centrată pe China, a cărei rapidă modernizare era dirijată de reformele economice ale lui Deng Xiaoping și de investițiile străine masive. După două generații, doar cei care au trăit în acei ani de harababură a prețurilor și ofertelor (sau aceia, tot mai puțini, care au studiat impactul acestora) pot aprecia cât de traumatice au fost aceste două valuri de scumpiri. Consecințele reversiunilor economice rezultante se fac simțite și după patru decenii, pentru că, după ce a început să fie tot mai mare cererea de petrol, multe măsuri de economisire a petrolului au rămas în picioare, iar unele — mai

ales tranzițiile spre utilizări industriale mai eficiente — au continuat să se intensifice.[48]

În 1995, extracția de țiței a depășit în sfârșit recordul din 1979 și a continuat să crească, satisfăcând cererea Chinei reformate economic, precum și cererea în creștere din alte locuri din Asia — dar petrolul nu și-a mai recâștigat dominația relativă de dinainte de 1975.[49] Cota sa parte ca sursă de energie primară comercială pe plan global a scăzut de la 45% în 1970 la 38% în anul 2000 și la 33% în 2019 — și acum este cert că declinul său relativ va continua pe măsură ce consumul de gaz natural și generarea de electricitate eoliană și solară vor continua să crească.

Există oportunități enorme pentru a genera mai multă electricitate cu celulele fotovoltaice și turbinele eoliene, dar e o diferență fundamentală între sistemele care obțin 20 — 40% din electricitate din aceste surse intermitente (Germania și Spania sunt cele mai bune exemple dintre economiile mari) și o sursă de electricitate națională care să se bazeze în întregime pe aceste fluxuri regenerabile.

Pentru ca națiunile mari, cu populație numeroasă, să se bazeze complet pe aceste surse regenerabile ar fi nevoie de lucruri pe care încă nu le avem: fie o capacitate mare de stocare pe termen lung (de ordinul zilelor sau săptămânilor) a electricității, care să susțină generarea intermitentă a electricității, fie rețele extinse de linii de înaltă tensiune care să transmită electricitatea pe distanța câtorva fusuri orare și de la regiunile însorite și vântoase la principalele concentrări urbane și industriale. Pot aceste noi regenerabile să producă suficientă electricitate pentru a înlocui nu doar actuala generație alimentată cu cărbune și gaze naturale, dar și întreaga energie care acum este furnizată de combustibilii lichizi pentru vehicule, nave și avioane prin intermediul unei electrificări complete a transportului? Și chiar pot ele să realizeze aceste lucruri, după cum promit acum unele planuri, într-o perioadă de doar două sau trei decenii?

Numeroasele avantaje ale electricității

Dacă energia, după cum spune Feynman, este „o chestie abstractă“, atunci electricitatea este una dintre formele ei cele mai abstracte. Nu trebuie să ai prea multe cunoștințe științifice pentru a avea o experiență directă a câtorva tipuri de energie, să le distingi formele și să beneficiezi de pe urma conversiilor lor. Combustibilii solizi sau lichizi (energia chimică) sunt tangibili (un trunchi de copac, o bucată de cărbune, o canistră de benzină), iar arderea lor — fie că are loc în incendii de pădure, în peșterile paleoliticului, în locomotive pentru producerea aburului sau în motoarele vehiculelor — eliberează căldură (energie termică). Căderile de ape și apele curgătoare sunt manifestări omniprezente ale energiilor gravitațională și cinetică, ce pot fi ușor convertite în energie cinetică (mecanică) utilă prin construirea unor roți de apă simple din lemn — și tot ce e nevoie pentru a converti energia cinetică a vântului în energie mecanică folosită la măcinarea cerealelor sau presarea semințelor pentru ulei este o moară de vânt și angrenaje din lemn ca să transfere mișcarea la pietrele de moară.

Prin contrast, electricitatea este intangibilă și nu putem avea o accepție intuitivă a ei așa cum avem în privința combustibililor. Dar efectele ei pot fi văzute în electricitatea statică, scântei, fulgere; putem simți curenții mici, iar curenții de peste 100 de miliamperi pot fi mortali. Definițiile comune ale electricității nu sunt accesibile instinctiv, ci necesită o cunoaștere prealabilă a altor termeni funcționali, cum ar fi „electroni“, „flux“, „sarcină“ și „curent“. Deși Feynman, în primul volum al operei sale influente Lectures on Physics, a fost destul de superficial — „există energie electrică, care are de-a face cu împingerea și tragerea efectuate de sarcinile electrice“ — când a revenit în detaliu asupra subiectului în al doilea volum, care se ocupă de energiile mecanică și electrică și cu curenții constanți, a folosit analiza matematică în tratarea subiectului.[50]

Pentru majoritatea locuitorilor săi, lumea modernă este plină de cutii negre, dispozitive a căror funcționare internă rămâne — în diferite măsuri — un mister pentru utilizatorii lor. Putem considera electricitatea ca un sistem omniprezent și suprem de cutie neagră: deși mulți oameni înțeleg destul de bine ce intră în acea cutie neagră (arderea combustibilului fosil într-o termocentrală mare; căderea apei într-o hidrocentrală; radiația solară absorbită de o celulă fotovoltaică; fisiunea uraniului într-un reactor) și toată lumea beneficiază de pe urma a ceea ce iese (lumină, căldură, mișcare), doar o minoritate înțelege pe deplin ce se întâmplă în interiorul centralelor generatoare, al transformatoarelor, al liniilor de transmisie și al dispozitivelor de utilizare finală.

Fulgerul, cea mai răspândită demonstrație naturală a electricității, este prea

puternic, prea scurt (doar o fracțiune de secundă) și prea distructiv pentru a fi (vreodată?) valorificat pentru o utilizare productivă. Și, cu toate că oricine poate produce cantități minuscule de electricitate statică frecând între ele materiale potrivite sau folosind baterii mici care pot susține, fără reîncărcare, ore de iluminat în baterii și electronice portabile, generarea electricității pentru utilizare comercială pe scară largă este o întreprindere costisitoare și complicată. Distribuirea ei din locurile unde este generată în locurile și regiunile în care este folosită cel mai mult — spre orașe, industrii și forme electrificate de transport rapid — este la fel de complicată: necesită transformatoare și rețele extinse de linii de înaltă tensiune și, după alte transformări, distribuirea prin cabluri de joasă tensiune, suspendate sau subterane, la miliarde de consumatori.

Și chiar în această epocă a miracolelor electronice high-tech este în continuare imposibil să se stocheze electricitatea cu costuri convenabile și în cantități suficiente pentru a satisface necesarul unui oraș de mărime medie (500 000 de locuitori) pentru doar o săptămână sau două sau pentru a aproviziona o metropolă (cu peste 10 milioane de locuitori) timp de doar o jumătate de zi.[51] Dar, în ciuda acestor complicații, a costurilor ridicate și a dificultăților tehnice, ne-am străduit să electrificăm economiile moderne și această tendință spre o tot mai mare electrificare va continua deoarece această formă de energie combină multe avantaje fără egal. Cel mai evident, în punctul de consum final, utilizarea electricității este întotdeauna facilă și curată, iar în majoritatea timpului este de asemenea și excepțional de eficientă. Cu doar o acționare de întrerupător, apăsare de buton sau ajustare de termostat (acum necesitând doar un semnal cu mâna sau o comandă vocală), luminile și motoarele electrice sau caloriferele și răcitoarele electrice sunt pornite — fără a fi nevoie de rezervoare voluminoase de combustibil, fără transportare și stocare laborioase, fără pericolul unei combustii incomplete (cu emisia monoxidului de carbon toxic) și fără curățarea lămpilor, plitelor sau cuptoarelor.

Electricitatea este cea mai bună formă de energie pentru iluminat: nu are niciun competitor la orice scară a iluminatului privat sau public și foarte puține inovații au produs un asemenea impact asupra civilizației moderne precum capacitatea de a elimina limitările luminii diurne și de a ilumina noaptea.[52] Toate alternativele anterioare, de la străvechile lumânări din ceară și lămpi cu ulei la primele forme industriale de iluminat cu gaz și cilindri de kerosen, erau fragile, costisitoare și foarte ineficiente. Cea mai grăitoare comparație a surselor de lumină este cea din perspectiva randamentului lor luminos — capacitatea de a produce un semnal vizual, măsurată ca raportul dintre fluxul luminos total (cantitatea totală de

energie emisă de o sursă, exprimată în lumeni) și puterea sursei (în wați). Dacă stabilim că randamentul luminos al lumânărilor este egal cu 1, luminile cu gaz de cărbune din primele orașe industriale produceau de 5 — 10 ori mai mult; înainte de Primul Război Mondial, becurile electrice cu filament de wolfram emiteau cu până la de 60 de ori mai mult; astăzi, cele mai bune lămpi fluorescente produc cam de 500 de ori mai mult; iar lămpile cu sodiu (folosite la iluminatul de exterior) au un randament de până la 1 000 de ori mai mare.[53]

Este imposibil să decidem care clasă de convertoare ale electricității a avut un impact mai mare — luminile sau motoarele. Convertirea electricității în energie cinetică cu ajutorul motoarelor electrice a revoluționat mai întâi aproape toate sectoarele producției industriale, iar ulterior a pătruns în fiecare nișă a exploatării casnice. Sarcinile manuale mai puțin solicitante și cele care foloseau motoarele cu abur pentru ridicare, presare, tăiere, țesere și alte operațiuni industriale au fost electrificate aproape în totalitate. În Statele Unite acest lucru a avut loc în decurs de doar patru decenii, după introducerea primelor motoare electrice de curent alternativ.[54] În 1930, motoarele electrice aproape că au dublat productivitatea manufacturieră americană și a făcut asta încă o dată spre sfârșitul anilor 1960.[55] În același timp, motoarele electrice au început să cucerească treptat transporturile pe șine, începând cu tramvaiele electrice și continuând cu trenurile de pasageri.

Sectorul serviciilor domină acum toate economiile moderne, iar funcționarea sa este în totalitate dependentă de electricitate. Motoarele electrice acționează ascensoarele și scările rulante, precum și instalațiile de aer condiționat ale clădirilor, deschid ușile și compactează gunoiul. De asemenea, sunt indispensabile pentru comerțul electronic, întrucât pun în mișcare labirinturile de benzi transportoare din depozitele gigantice. Dar cele mai răspândite unități nu sunt văzute niciodată de oamenii care se bazează pe ele în fiecare zi. Sunt acele unități minuscule care activează vibratoarele telefoanelor mobile: cele mai mici măsoară mai puțin de 4 mm × 3 mm, lățimea lor fiind mai mică decât jumătate din lățimea medie a unghiei degetului mic al unui adult. Poți vedea un astfel de motoraș doar dacă-ți demontezi telefonul sau dacă urmărești online un video al acestei operații.[56]

În unele țări, practic toate transporturile pe căi ferate sunt acum electrificate și toate trenurile de mare viteză (până la 300 km/h) sunt propulsate fie de locomotive electrice, fie de motoare montate în mai multe locuri, așa cum se întâmplă cu unul dintre primele astfel de trenuri, Shinkansen, lansat în Japonia în 1964.[57] Și chiar și modelele ieftine de automobile au acum între 20 și 40 de

motoare electrice mici, modelele mai scumpe având mult mai multe — ceea ce sporește greutatea vehiculului și consumul bateriilor acestuia.[58] În locuințe, pe lângă iluminat și alimentarea tuturor dispozitivelor electronice — care acum includ în mod obișnuit și sisteme de securitate — electricitatea domină sarcinile mecanice și asigură atât căldura, cât și refrigerarea în bucătării, energia pentru încălzirea apei, precum și încălzirea pentru multe case.[59]

Fără electricitate, n-am avea apă potabilă în toate orașele, și nici combustibili fosili lichizi și gazoși pretutindeni. Pompele electrice de mare putere aduc apa în bazinele municipale și sunt foarte solicitate în orașele cu densitate comercială și rezidențială ridicată, unde apa trebuie transportată la mare înălțime.[60] Motoarele electrice acționează toate pompele de carburanți necesare pentru mutarea benzinei, kerosenului și motorinei în bazine și în aripile avioanelor. Și, cu toate că s-ar putea să fie gaz natural din belșug în conductele de distribuție a gazului — turbinele cu gaz sunt adesea folosite pentru mutarea combustibilului — din America de Nord, unde încălzirea cu aer forțat este dominantă, mici motoare electrice acționează ventilatoarele care împing prin țevi aerul încălzit cu ajutorul gazului natural.[61]

Tendința îndelungată de electrificare a societăților (prin creșterea cotei parte de combustibil transformate în electricitate, în locul consumului direct al respectivului combustibil) este cât se poate de clară. Noile regenerabile — solară și eoliană, spre deosebire de hidroelectricitate, ale cărei începuturi datează din 1882 — se vor înscrie cu ușurință în această progresie, dar istoria generării electricității ne reamintește că multe complicații și situații complexe însoțesc procesul; și că, în pofida importanței sale profunde și crescânde, electricitatea asigură doar o parte relativ mică din consumul de energie final în plan global, adică doar 18%.

Înainte de a comuta întrerupătorul

Trebuie să ne întoarcem la începuturile industriei pentru a-i înțelege bazele, infrastructura și moștenirea acestor 140 de ani de dezvoltare. Generarea comercială a electricității a început în 1882, cu trei premiere. Două dintre ele au fost centralele de generare pe bază de cărbune proiectate de Thomas Edison

(Viaductul Holborn din Londra a început să funcționeze în ianuarie 1882; centrala Pearl Street din New York, în septembrie 1882), iar a treia a fost prima hidrocentrală (pe râul Fox din Appleton, Wisconsin, care a început să genereze electricitate din septembrie 1882).[62] Generarea a început să se extindă rapid în ultimul deceniu al secolului al XIX-lea, când liniile de curent alternativ (CA) au prevalat asupra rețelelor existente de curent continuu și când noile proiecte de motoare electrice de curent alternativ au început să fie adoptate de industrie și gospodării. În 1900, mai puțin de 2% din producția mondială de combustibili fosili era utilizată pentru generarea electricității; în 1950, acea cotă-parte era încă mai mică de 10%; acum se ridică la circa 25%.[63]

Expansiunea concurentă a capacității hidroelectrice s-a accelerat în anii 1930, cu ajutorul unor mari proiecte finanțate de stat în SUA și URSS, și a atins noi vârfuri după al Doilea Război Mondial, culminând cu construirea unor proiecte de dimensiuni record în Brazilia (Itaipu, definitivat în 2007, 14 gigawați) și China (Trei Defileuri, definitivată în 2012, 22,5 gigawați).[64] Între timp, fisiunea nucleară a început să genereze electricitate comercială în 1956 la centrala Calder Hall din Marea Britanie, a cunoscut cea mai mare expansiune în anii 1980 și, după un maximum în 2006, a înregistrat un declin ușor până la aproximativ 10% din producția globală de electricitate.[65] În 2020, hidrogenerarea a contribuit cu aproape 16%, vântul și soarele au adăugat aproape 7 procente, iar restul (cam două treimi) a provenit din marile centrale electrice alimentate în principal cu cărbune și gaze naturale.

Deloc surprinzător, cererea de electricitate a crescut mult mai repede decât cea privind toate celelalte forme de energie comercială: în cei 50 de ani dintre 1970 și 2020, generarea globală de electricitate a crescut de cinci ori, pe când cererea totală de energie primară doar s-a triplat.[66] Iar creșterea generării de bază — cantitatea minimă de electricitate care trebuie furnizată zilnic, lunar sau anual — a fost și mai mult stimulată de mutarea în orașe a unor părți tot mai mari ale populației. Cu decenii în urmă, cererea în America era cea mai scăzută în nopțile de vară, când magazinele și fabricile erau închise, transportul public era întrerupt și, cu mici excepții, toată populația dormea, cu ferestrele deschise. Acum ferestrele sunt închise și aparatele de aer condiționat funcționează pe timp de noapte pentru a face posibil somnul în clima foarte caldă și umedă; în marile orașe și în metropole, multe fabrici lucrează în două schimburi și multe magazine și aeroporturi rămân deschise 24 de ore. Doar COVID-19 a oprit funcționarea non-stop a metroului newyorkez, iar metroul din Tokyo doarme doar cinci ore (primul tren din Stația Tokyo spre Shinjuku pleacă la 5:16 a.m., iar

ultimul, la 0:20 a.m.).[67]

Imaginile nocturne surprinse de sateliți la ani distanță arată cum luminile de pe străzi, din parcări și clădiri strălucesc și mai mult pe suprafețe din ce în ce mai mari, care adesea se unesc cu orașele învecinate pentru a forma conurbații uriașe iluminate.[68]

O fiabilitate ridicată a aprovizionării cu electricitate — managerii de rețele vorbesc despre faptul că ar fi de dorit să se atingă cei șase de nouă: la o fiabilitate de 99,9999%, ar exista doar 32 de secunde de întrerupere a aprovizionării într-un an! — este absolut necesară în societățile în care electricitatea acționează totul, de la lumini (fie ele în spitale, pe pistele de aterizare sau pentru a indica ieșirile de urgență) la aparatura pentru bypass cardiopulmonar și multitudinea de procese industriale.[69] Dacă pandemia de COVID-19 a adus distrugere, suferință și decese inevitabile, acele efecte ar fi minore în comparație cu situația în care aprovizionarea cu electricitate ar fi redusă drastic doar câteva zile în orice regiune dens populată, iar dacă ar fi prelungită timp de câteva săptămâni la scară națională, ar fi un eveniment catastrofal cu consecințe fără precedent.

Decarbonizarea: ritm și scară

Nu există o penurie a resurselor de combustibili fosili în scoarța terestră, niciun pericol de epuizare iminentă a cărbunelui și hidrocarburilor. La nivelul producției din 2020, rezervele de cărbune ar mai fi suficiente pentru circa 120 de ani, rezervele de petrol și gaze, circa 50 de ani, iar continuarea explorării va transfera o mare parte din ele de la resurse în categoria rezervelor (viabile din punct de vedere tehnic și economic).

Lumea modernă a fost creată prin recurgerea la combustibilii fosili, însă preocupările legate de încălzirea globală relativ rapidă au dus la cereri larg răspândite de a se renunța la carbonul fosil cât mai repede cu putință. În mod ideal, decarbonizarea aprovizionării cu energie la nivel global ar trebui să aibă loc îndeajuns de repede ca să se limiteze încălzirea globală medie la nu mai mult de 1,5°C (cel mult 2°C). Potrivit majorității modelelor climatologice, asta ar

însemna reducerea la zero a emisiilor globale nete de CO_2 până în anul 2050 și menținerea lor negativă pentru restul secolului.

Să observăm adjectivul calificativ cheie: ținta nu este decarbonizarea totală, ci reducerea la „zero net“ sau „neutralitatea carbonului“. Această definiție permite ca emisiile care nu vor fi oprite să fie compensate de eliminarea pe scară largă a CO_2 din atmosferă (ceva care încă nu există!) și stocarea sa permanentă în subteran, ori prin măsuri temporare cum ar fi plantarea de copaci pe suprafețe mari.[71] În 2020, stabilirea obiectivelor de tip zero-net pentru anii care se termină în cinci sau zero a devenit un joc din categoria „și eu“: peste 100 de națiuni s-au înscris în joc, începând cu Norvegia în 2030 și Finlanda în 2035 și continuând cu întreaga Uniune Europeană, precum și Canada, Japonia și Africa de Sud, în 2050, și China (cel mai mare consumator de combustibili fosili din lume) în 2060.[72] Dat fiind că emisiile anuale rezultate din arderea combustibililor fosili au depășit în 2019 37 de miliarde de tone, atingerea obiectivului zero-net până în 2050 va necesita o tranziție energetică fără precedent atât ca ritm, cât și ca scară. O examinare mai atentă a componentelor sale esențiale ne arată amploarea dificultăților.

Decarbonizarea generării electricității poate înregistra progresul cel mai rapid, deoarece costurile de instalare pe unitate de capacitate solară sau eoliană pot acum concura cu variantele mai ieftine pe bază de combustibili fosili, iar unele țări și-au transformat deja generarea într-o măsură considerabilă. Dintre economiile mari, Germania este exemplul cel mai remarcabil: începând cu anul 2000, și-a mărit de 10 ori capacitățile eoliene și solare și a crescut cota parte a regenerabilelor (eoliană, solară și hidro) de la 11% la 40% din totalul generării. Intermitența furnizării de electricitate eoliană și solară nu ridică probleme atât timp cât aceste noi regenerabile asigură cote-părți relativ mici din cererea totală sau atât timp cât orice neajunsuri pot fi remediate prin importuri.

Drept urmare, multe țări produc acum până la 15% din toată electricitatea din surse intermitente fără vreo ajustare majoră, iar Danemarca arată cum o piață relativ mică și bine interconectată poate ajunge la un procentaj mai mare.[73] În 2019, 45% din electricitatea sa provenea din generarea eoliană, iar această cotă excepțional de mare poate fi susținută fără capacități masive de stocare interne, pentru că orice întreruperi pot fi cu ușurință remediate prin importuri din Suedia (electricitate hidro și nucleară) și Germania (electricitate provenind din multe surse). Germania nu a putut să facă la fel. Cererea ei este de peste 20 de ori cât totalul Danemarcei, iar țara trebuie să-și asigure o capacitate de rezervă

suficientă, care să poată fi activată când noile regenerabile sunt inactive.[74] În 2019, Germania a generat 577 terawați-ore de electricitate, cu nici 5% mai mult decât în 2000 — dar capacitatea instalată de generare s-a mărit cu circa 73% (de la 121 la circa 209 gigawați). Motivul acestei discrepanțe este evident.

În 2020, la două decenii după ce a început Energiewende, tranziția energetică deliberat accelerată, Germania era în continuare nevoită să-și mențină cea mai mare parte a capacității bazate pe arderea combustibililor fosili (de fapt, 89% din ea) pentru a putea satisface cererea în zilele noroase și fără vânt. La urma urmelor, în Germania înnorată, generarea fotovoltaică funcționează în medie doar 11 — 12% din timp, iar arderea combustibililor fosili continua să producă aproape jumătate (48%) din toată electricitatea în 2020. Mai mult, întrucât cota parte a generării eoliene a crescut, construirea de noi linii de înaltă tensiune pentru a transmite această electricitate din nordul bătut de vânturi în regiunile sudice unde cererea este mare a rămas în urmă. Iar în SUA, unde proiecte de transmitere mult mai mari vor fi necesare pentru a muta electricitatea eoliană din Marile Câmpii și electricitatea solară din Sud-Vest în regiunile de coastă, cu cerere mare, s-au realizat foarte puține planuri de lungă durată pentru construirea acestor legături.[75]

Oricât de dificile sunt astfel de aranjamente, ele se bazează pe soluții mature din punct de vedere tehnic (și în continuă îmbunătățire) — adică, pe celule fotovoltaice mai eficiente, mari turbine eoliene amplasate pe țărm și în largul coastelor și pe linii de înaltă tensiune (incluzând transportul curentului continuu pe distanțe lungi). În cazul în care costurile, procesele de autorizare și sentimentele de tip „nu în curtea mea“ nu ar reprezenta niște obstacole, aceste tehnici ar putea fi desfășurate destul de repede și de economic. Mai mult, problemele de intermitență ale generării solare și eoliene ar putea fi rezolvate de recurgerea reînnoită la generarea electricității nucleare. O renaștere nucleară ar fi deosebit de utilă, dacă nu putem dezvolta în scurt timp modalități mai bune de stocare a electricității la scară largă.

Avem nevoie de stocare de mari proporții (multi-gigawați-ore) pentru marile orașe și metropole, dar până acum singura variantă viabilă este acumularea pompată a hidroelectricității (PHS****): metoda folosește electricitatea mai ieftină din timpul nopții pentru a pompa apa de la un rezervor situat jos la o capacitate de acumulare aflată la înălțime mare, iar descărcarea acesteia asigură o generare disponibilă instantaneu.[76] Cu electricitatea generată prin mijloace regenerabile, pomparea poate fi efectuată oricând există un surplus de capacitate

solară sau eoliană, dar în mod evident PHS poate funcționa doar în locurile cu diferențe de nivel corespunzătoare, iar operația consumă cam un sfert din electricitatea generată pentru pomparea apei în susul dealului. Alte mijloace de stocare, cum ar fi bateriile, aerul comprimat și supercapacitoarele, continuă să aibă capacități cu ordine de mărime mai joase decât ar fi nevoie pentru marile orașe, chiar și pentru cantitatea necesară într-o singură zi.[77]

Prin contrast, reactoarele nucleare moderne, dacă sunt bine construite și operate cu atenție, oferă moduri sigure, de lungă durată și extrem de fiabile de generare a electricității. Așa cum am menționat deja, ele sunt capabile să funcționeze mai mult de 90% din timp, iar durata lor de viață poate depăși 40 de ani. Totuși, viitorul generării nucleare rămâne incert. Doar China, India și Coreea de Sud sunt hotărâte să-și extindă și mai mult capacitățile. În Occident, o combinație de costuri de capital, întârzieri majore în construcție și disponibilitatea variantelor mai ieftine (gazul natural în SUA, eoliană și solară în Europa) a făcut ca noile capacități de fisiune nucleară să fie neatractive. Mai mult, în America, noile reactoare mici, modulare și inerent sigure (propuse prima oară în anii 1980) încă nu au fost comercializate, iar Germania, cu decizia ei de a renunța în totalitate la generarea nucleară până în 2022, este doar cel mai evident exemplu al sentimentului antinuclear profund, larg răspândit în Europa (pentru evaluarea riscurilor reale ale generării nucleare, vezi capitolul 5).

Dar această situație s-ar putea să nu dureze. Până și Uniunea Europeană recunoaște acum că, fără reactoare nucleare, nu se poate apropia de obiectivul extraordinar de ambițios al decarbonizării. Scenariile privind emisiile zero-net pentru 2050 au renunțat la stagnarea și neglijarea prelungită de decenii a industriei nucleare și au în vedere ca până la 20% din tot consumul de energie să provină din fisiunea nucleară.[78] De notat că această prevedere se referă la consumul total de energie primară, nu doar la electricitate. Electricitatea reprezintă doar 8% din consumul final total de energie la nivel global, iar decarbonizarea a peste 80% din utilizările finale ale energiei — de către industrii, gospodării, comerț și transporturi — va fi chiar mai dificilă decât decarbonizarea generării electricității. Generarea extinsă a electricității poate fi folosită pentru încălzirea spațiilor și multe procese industriale care acum se bazează pe combustibilii fosili, dar cursul decarbonizării transporturilor moderne pe distanțe lungi rămâne neclar.

Cât de curând vom efectua zboruri intercontinentale cu avioane mari cu reacție alimentate cu baterii? Ziarele titrează că viitorul zborului este electric —

ignorând cu naivitate diferența uriașă între densitatea energetică a kerosenului ars de turboventilatoare și cele mai bune baterii Litiu-ion din zilele noastre, care s-ar afla la bordul acestor ipotetice avioane electrice. Motoarele cu turboventilatoare care propulsează avioanele de linie ard combustibil cu densitate energetică de 46 megajouli pe kilogram (asta înseamnă aproape 12 000 wați-ore pe kilogram), transformând energia chimică în termică și apoi în cinetică. În schimb, cele mai bune baterii Litiu-ion furnizează mai puțin de 300 Wh/kg, o diferență mai mare de 40 de ori.[79] E drept, motoarele electrice sunt convertoare de energie cam de două ori mai eficiente decât turbinele de gaz, astfel că diferența efectivă de densitate energetică este de „numai“ 20 de ori. Dar în ultimii 30 de ani densitatea energetică maximă a bateriilor s-a mărit de circa trei ori, și chiar dacă am tripla din nou densitățile tot am fi mult sub 3 000 Wh/kg în 2050 — ceea ce ar însemna că nu vom reuși să ducem un avion de mari dimensiuni de la New York la Tokyo sau de la Paris la Singapore, un lucru pe care îl facem zilnic de decenii cu aparatele Boeing și Airbus alimentate cu kerosen.[80]

Mai mult (așa cum vom explica în capitolul 3), nu dispunem de alternative la scară comercială care să poată fi implementate rapid pentru a alimenta exclusiv cu electricitate producția celor patru piloni materiali ai civilizației moderne. Prin urmare, chiar dacă am dispune de o rezervă abundentă și fiabilă de electricitate regenerabilă, tot va trebui să dezvoltăm noi procese la scară mare pentru a produce oțel, amoniac, ciment și materiale plastice.

Nu e surprinzător faptul că decarbonizarea în afara generării electricității a progresat lent. În curând, Germania va genera jumătate din electricitate din regenerabile, dar în cele două decenii ale Energiewende cota parte a combustibililor fosili în aprovizionarea cu energie primară a țării a scăzut doar cu 6 procente (de la 84% la 78%).

Germanilor le plac autostrăzile fără limitări de viteză și zborurile intercontinentale frecvente, iar industriile germane funcționează pe bază de gaze naturale și petrol.[81] Dacă țara își repetă performanța din trecut, atunci în 2040 dependența ei de combustibilii fosili va rămâne în continuare aproape de 70%.

Și cum rămâne cu țările care nu au făcut eforturi extraordinare pentru impunerea regenerabilelor? Japonia este exemplul cel mai grăitor. În anul 2000, circa 83% din energia sa primară provenea din combustibilii fosili; în 2019, acea cotă-parte (din cauza pierderii post-Fukushima a generării nucleare și a nevoii de importuri

mai mari de combustibili) a fost de 90%![82] Și, cu toate că Statele Unite și-au redus mult dependența de cărbune — înlocuit de gazele naturale în generarea electricității — cota parte de combustibili fosili a țării în aprovizionarea cu energie primară era încă de 80% în 2019. Între timp, în China, cota parte a combustibililor fosili a scăzut de la 93% în anul 2000 la 85% în 2019 — dar acest declin relativ a fost însoțit de circa o triplare a cererii de combustibili fosili. Creșterea economică a Chinei a fost principalul motiv pentru care consumul global de combustibili fosili a crescut cu circa 45% în primele două decenii ale secolului XXI și motivul pentru care, în ciuda expansiunii costisitoare și pe scară largă a energiilor regenerabile, cota parte a combustibililor fosili în aprovizionarea cu energie primară pe plan mondial a scăzut doar nesemnificativ, de la 87% la circa 84%.[83]

Cererea anuală globală pentru carbonul de origine fosilă este acum cu puțin peste 10 miliarde de tone — o masă de aproape cinci ori mai mare decât recolta anuală recentă pentru toate cerealele standard care hrănesc omenirea și peste dublul masei totale de apă potabilă consumată anual de cele 8 miliarde de locuitori ai planetei — și ar trebui să fie evident că strămutarea și înlocuirea unei asemenea mase nu e un lucru pe care să-l poată înfăptui cel mai bine țintele guvernamentale pentru anii care se termină în zero sau cinci. Atât cota parte relativă, cât și scara dependenței noastre de carbonul fosil fac imposibile substituirile rapide. Și nu e vorba aici de o impresie personală părtinitoare, izvorâtă dintr-o slabă înțelegere a sistemului energetic global, ci de o concluzie realistă bazată pe realități inginerești și economice.

În contrast cu recentele angajamente politice pripite, aceste realități au fost recunoscute de toate scenariile atent gândite pe termen lung privind aprovizionarea cu energie. Scenariul Politicilor Declarate, publicat de Agenția Internațională pentru Energie (AIE) în 2020 vede un declin al cotei-parte a combustibililor fosili de la 80% din cererea globală totală în 2019 la 72% în 2040, în vreme ce Scenariul de Dezvoltare Sustenabilă al AIE (cel mai agresiv scenariu de decarbonizare al agenției de până acum, care ar permite o decarbonizare substanțial accelerată la nivel global) are în vedere ca, până în 2040, combustibilii fosili să asigure 56% din necesarul global de energie primară, ceea ce face extrem de improbabil ca această cotă parte să fie redusă aproape de zero într-un singur deceniu.[84].

În mod cert, lumea prosperă — date fiind bogățiile naturale, capacitățile tehnice, nivelul ridicat al consumului pe cap de locuitor și nivelul corespunzător al

deșeurilor — poate lua unele măsuri impresionante pentru o decarbonizare relativ rapidă (mai direct spus, ar trebui să se descurce folosind mai puțină energie de orice fel). Dar nu la fel stau lucrurile cu cele peste 5 miliarde de oameni al căror consum de energie reprezintă doar o fracție din nivelurile țărilor bogate, care au nevoie de mai mult amoniac ca să-și crească producția agricolă pentru a-și hrăni populațiile tot mai numeroase și mult mai mult oțel, ciment și materiale plastice pentru a-și construi infrastructurile esențiale. Trebuie să avem în vedere o reducere constantă a dependenței noastre de energiile care creează lumea modernă. Încă nu cunoaștem majoritatea aspectelor particulare ale acestei tranziții, dar un lucru rămâne sigur: nu va avea loc (nu poate avea loc) o renunțare bruscă la carbonul fosil, după cum acesta nu va cunoaște o dispariție rapidă — ci mai degrabă un declin treptat.[85]

---

* În limba română a apărut în 1969, la Editura Tehnică, sub titlul Fizica modernă, în 3 volume. (N.t.)

** Termenul englezesc este power plant; în română se folosește termenul centrală electrică sau energetică. (N.t.)

*** Acronim pentru Organization of the Petroleum Exporting Countries. (N.t.)

**** Inițialele de la pumped hydro storage. (N.t.)

Capitolul 2

Să înțelegem producția de hrană

Mâncăm combustibili fosili

Asigurarea unei cantități de hrană cu varietate nutrițională este imperativul existențial pentru orice specie. În timpul îndelungatei lor evoluții, strămoșii noștri hominieni și-au dezvoltat unele avantaje fizice esențiale — poziția verticală, mersul biped și un creier relativ mare — care i-au diferențiat de strămoșii lor simieni. Această combinație de caracteristici le-a permis să se hrănească mai eficient cu resturile lăsate de alte animale, să fie mai buni culegători de plante și mai pricepuți la vânarea animalelor mici.

Primii hominieni au avut doar unelte din piatră dintre cele mai simple (ciocane și tocătoare din piatră), care erau utile pentru tăierea animalelor, dar nu dispuneau de artefacte care să-i ajute să le vâneze și să le prindă. Puteau să ucidă cu ușurință animalele rănite sau bolnave și micile mamifere mai lente, dar carnea de la prăzile mai mari provenea din valorificarea resturilor de la victimele animalelor de pradă sălbatice.[1] În cele din urmă, dezvoltarea sulițelor lungi, a topoarelor cu coadă, a arcurilor cu săgeți, a plaselor împletite, a coșurilor și a undițelor le-a permis să vâneze și să captureze o mare varietate de specii. Unele grupuri — în special vânătorii de mamuți din Paleoliticul Superior (această epocă s-a încheiat cu 12 000 de ani în urmă) — au deprins meșteșugul tranșării animalelor mari, în vreme ce mulți locuitori ai zonelor de coastă au devenit pescari desăvârșiți. Unii chiar foloseau bărcile pentru a ucide mici balene migratoare.

Tranziția de la viața de vânători-culegători la traiul sedentar, favorizată de începuturile agriculturii și de domesticirea unor specii de mamifere și de păsări, a avut drept rezultat o aprovizionare cu hrană în general mai previzibilă, dar care adesea rămânea nesigură, și care putea să susțină densități mult mai mari ale populației decât în cazul grupurilor mai timpurii — dar asta nu a însemnat neapărat o nutriție mai bună.

Căutarea hranei în medii aride putea să necesite o suprafață de peste 100 de kilometri pătrați pentru a susține o singură familie. Pentru londonezii de astăzi, asta înseamnă aproximativ distanța de la Palatul Buckingham la Isle of Dogs; pentru newyorkezi, zborul în linie dreaptă al unui porumbel de la extremitatea

Manhattanului până în mijlocul Central Park: foarte mult teren de acoperit numai pentru a supraviețui.

În regiunile mai productive, densitățile populațiilor puteau să crească până la 2–3 oameni pe 100 de hectare (echivalentul a circa 140 de terenuri de fotbal regulamentare).[2] Singurele societăți căutătoare de hrană cu densități mari ale populației erau grupurile de pe coaste (în special în nord-vestul Pacificului), care aveau acces la migrațiile anuale ale peștilor și la oportunități de vânare a mamiferelor acvatice. Sursele sigure de alimente bogate în proteine și lipide le-au permis unora dintre ei să treacă la o viață sedentară în case comunale mari, din lemn, având suficient timp liber ca să sculpteze totemuri impresionante. În schimb, agricultura incipientă, în care puteau fi cultivate plantele abia domesticite, însemna că un hectar de teren cultivat putea să hrănească mai mult de o persoană.

Spre deosebire de căutătorii de hrană, care se poate să fi cules zeci de specii sălbatice, primii agricultori au trebuit să restrângă varietatea plantelor pe care le cultivau, căci hrana bazată în mod covârșitor pe plante era dominată de regulă de câteva plante standard (grâu, orz, orez, porumb, leguminoase, cartofi) — dar aceste culturi puteau susține densități ale populației cu două sau trei ordine de mărime mai mari decât în societățile căutătorilor de hrană. În Egiptul antic, densitatea populației a crescut de la 1,3 oameni pe hectar de teren cultivat în timpul perioadei predinastice (anterior anului 3150 î.e.n.) la circa 2,5 oameni pe hectar după 3 500 de ani, când țara devenise provincie a Imperiului Roman.[3] Aceasta ar echivala cu un necesar de 4 000 de metri pătrați pentru hrănirea unei singure persoane — sau aproape exact cât șase terenuri de tenis. Dar această densitate mare a producției era (datorită inundațiilor anuale regulate ale Nilului, care asigurau irigarea luncii) o performanță excepțional de bună.

În timp, și foarte lent, ratele producției de hrană în perioada preindustrială au crescut și mai mult — dar abia în secolul al XVI-lea s-a atins o rată de 3 oameni pe hectar; și atunci numai în regiunile cultivate intensiv din China dinastiei Ming; în Europa, au rămas sub 2 oameni pe hectar, până în secolul al XVIII-lea. Această stagnare, sau măcar aceste creșteri foarte lente, a capacității de hrănire în lungul interval al istoriei preindustriale a însemnat că, în urmă cu doar câteva generații, doar o mică parte a elitelor bine hrănite nu trebuia să-și facă griji că nu va avea suficientă mâncare. Chiar și în timpul anilor în care se înregistrau recolte peste medie, hrana tipică nu varia aproape deloc, iar malnutriția și subnutriția erau foarte răspândite.

Recoltele puteau să fie slabe, iar culturile erau adesea distruse în războaie, astfel că foametea era ceva comun. În consecință, niciuna dintre transformările recente — cum ar fi creșterea mobilității personale sau o gamă mai largă de posesiuni private — nu a fost atât de fundamentală din punct de vedere existențial ca posibilitatea noastră de a produce, an după an, un prisos de hrană. Acum, majoritatea oamenilor din țările bogate și cu venituri medii își fac griji cu privire la ce anume (și cât de mult) este cel mai bine să mănânce ca să-și mențină sau să-și îmbunătățească sănătatea și să-și crească longevitatea, nu dacă vor avea suficientă hrană pentru a supraviețui.

Există în continuare un număr semnificativ de copii, adolescenți și adulți care suferă de subnutriție, îndeosebi în țările din Africa sub-sahariană, dar în ultimele trei generații totalul lor a scăzut de la o majoritate a lumii la mai puțin de 1 din 10 locuitori ai planetei. Organizația pentru Alimentație și Agricultură (FAO) estimează că proporția de persoane subnutrite a scăzut pe plan mondial de la circa 65% în 1950 la 25% în 1970 și la circa 15% în anul 2000. Ameliorările continue (cu fluctuații cauzate de dificultăți temporare naționale sau regionale ca urmare a dezastrelor naturale sau conflictelor armate) au scăzut această rată la 8,9% în 2019, ceea ce înseamnă că sporirea producției de hrană a redus rata malnutriției de la 2 din 3 oameni în 1950 la 1 din 11 în 2019.[4]

Această realizare impresionantă este și mai remarcabilă dacă este exprimată într-un mod care să țină cont de creșterea enormă a populației globale care a avut loc în aceeași perioadă, de la circa 2,5 miliarde în 1950 la 7,7 miliarde în 2019. Reducerea semnificativă a subnutriției globale înseamnă că în 1950 planeta era capabilă să asigure o alimentație adecvată pentru circa 890 de milioane de oameni, dar în 2019 aceasta a crescut la cu puțin peste 7 miliarde: în termeni absoluți, o creștere de aproape opt ori!

Cum se explică această realizare impresionantă? A răspunde că trebuie să se fi datorat unor recolte mai bogate este un truism. Să spui că această creștere a fost efectul combinat al unor soiuri mai bune de plante cultivate, mecanizării agricole, fertilizării, irigației și protecției recoltelor ar descrie corect schimbările în inputurile cheie — dar tot nu conține explicația fundamentală. Producția modernă de hrană, fie că e vorba de cultivarea plantelor pe câmp sau de capturarea speciilor marine sălbatice, este un hibrid neobișnuit, dependent de două tipuri diferite de energie. Primul, și cel mai evident, este Soarele. Dar mai avem nevoie și de acum indispensabila contribuție a combustibililor fosili și de electricitatea produsă și generată de oameni.

Când li se cere să dea exemple comune ale dependenței noastre de combustibilii fosili, locuitorii din regiunile mai reci ale Europei și Americii de Nord se gândesc imediat la gazul natural folosit la încălzirea caselor lor. Oamenii de pretutindeni vor indica arderea combustibililor lichizi care alimentează în mare măsură mijloacele noastre de transport, dar pentru lumea modernă, cea mai importantă — și fundamental existențială — dependență de combustibilii fosili este utilizarea lor directă și indirectă în producerea hranei noastre. Utilizarea directă include combustibilii care acționează toate mașinile agricole (mai ales tractoare, combine și alte utilaje de recoltat), transportul recoltelor de pe câmp la locurile de depozitare și procesare și pompele de irigare. Utilizarea indirectă este mult mai cuprinzătoare și ia în considerare combustibilii și electricitatea folosite pentru a produce mașinile agricole, îngrășămintele și substanțele agrochimice (erbicide, insecticide, fungicide), precum și alte contribuții de la foile de sticlă și foliile de plastic folosite în construirea serelor, la dispozitivele de poziționare globală (GPS) care permit agricultura de precizie.

Procesul fundamental de conversie energetică din producția de hrană nu s-a schimbat. La fel ca întotdeauna, mâncăm, fie direct ca alimente vegetale, fie indirect ca materii prime de origine animală, produse ale fotosintezei — cea mai importantă conversie de energie a biosferei, care are loc sub acțiunea radiației solare. Ce s-a schimbat este intensitatea producției vegetale și animale. Nu am putea să recoltăm o asemenea abundență și într-o manieră atât de previzibilă fără aportul în continuă creștere al combustibililor fosili și al electricității. Fără aceste subvenții energetice antropogene, nu am fi putut să aprovizionăm 90% din omenire cu nutriție adecvată și nu am fi putut să reducem malnutriția globală într-o asemenea măsură, scăzând totodată simultan cantitatea de timp și suprafața de teren necesare pentru hrănirea unei singure persoane.

Agricultura — cultivarea plantelor alimentare pentru oameni și pentru hrănirea animalelor — trebuie să primească energie de la radiația solară, mai exact de părțile albastră și roșie ale spectrului vizibil.[5] Clorofila și carotenoidele, molecule fotosensibile din celulele plantelor, absorb lumina la aceste lungimi de undă și o folosesc pentru producerea fotosintezei, o succesiune în etape multiple de reacții chimice, care combină dioxidul de carbon atmosferic și apa — precum și mici cantități de elemente incluzând, în special, azotul și fosforul — pentru a produce masă vegetală nouă pentru cereale, leguminoase, tuberculi, și plantele producătoare de ulei și zahăr. O parte din aceste recolte este dată ca hrană animalelor domestice pentru a produce carne, lapte și ouă, în vreme ce alte alimente de origine animală provin de la mamifere care pasc iarbă și specii

acvatice care depind în ultimă instanță de fitoplancton, masa vegetală dominantă produsă de fotosinteza acvatică.[6]

Lucrurile stau astfel de la începuturile cultivării terenurilor de acum circa 10 milenii — dar în urmă cu două secole adăugarea formelor non-solare de energie a început să afecteze producția agricolă și, mai târziu, capturarea speciilor marine sălbatice. Inițial, acest impact a fost neglijabil și a devenit remarcabil abia în primele decenii ale secolului XX.

Pentru a urmări evoluția acestei schimbări epocale, vom examina în continuare ultimele două secole ale producției de grâu din America. Totuși, aș fi putut foarte ușor să aleg recoltele de grâu din Anglia sau Franța sau recoltele de orez din China și Japonia; deși progresele agricole se poate să fi avut loc în momente diferite în părțile cultivate din America de Nord, Europa Occidentală și Asia de Est, această succesiune comparativă bazată pe datele din SUA nu are nimic unic.

Trei văi, la distanță de două secole în timp

Vom începe cu Valea Genesee, din vestul statului New York, în 1801. Deși noua republică a ajuns în al 26-lea an de existență, fermierii americani cultivă grâul pentru pâine nu doar la fel ca strămoșii lor înainte de a emigra din Anglia în America de Nord britanică în urmă cu câteva generații, ci într-o manieră nu foarte diferită de practicile din Egiptul antic din urmă cu peste două milenii.

Secvența începe cu doi boi înjugați la un plug din lemn, a cărui lamă tăietoare este protejată cu o tablă din fier. Semințele, păstrate din recolta anului precedent, sunt semănate manual, iar pentru acoperirea lor cu pământ sunt folosite grape cu mărăcini. Plantarea recoltei necesită cam 27 de ore de trudă umană pentru fiecare hectar însămânțat.[7] Și cele mai laborioase sarcini abia acum urmează. Recoltarea se face prin tăiere cu secera; paiele tăiate sunt adunate și legate manual în mănunchiuri, care apoi sunt stivuite vertical (în căpițe sau stoguri) și lăsate la uscat. După aceea, mănunchiurile sunt cărate la un hambar și treierate prin lovire de o podea dură, paiele sunt depozitate, iar boabele sunt vânturate (pentru a fi separate de pleavă), măsurate și puse în saci. Punerea la adăpost a recoltei necesită cel puțin 120 de ore de muncă umană pe hectar.

Secvența completă de producție are nevoie de circa 150 de ore de muncă umană pe hectar, precum și de circa 70 de ore de muncă animală (cu boii). Producția este de doar o tonă de cereale la hectar, din care cel puțin 10% trebuie pusă deoparte ca semințe pentru recolta anului următor. Una peste alta, este nevoie de circa 10 minute de muncă umană pentru a produce 1 kilogram de grâu, din care, cu făină integrală, s-ar produce 1,6 kilograme de pâine (două pâini). Este o agricultură laborioasă, lentă și cu productivitate scăzută — dar este complet solară și, în afară de radiația Soarelui, nu mai este nevoie de niciun alt aport energetic. Culturile produc hrană pentru oameni și pentru animale; copacii dau lemnul pentru gătit și încălzit; tot lemnul este folosit și pentru obținerea mangalului utilizat în metalurgie la topirea minereurilor de fier și producerea unor mici obiecte metalice, printre care lamele de plug, secerile, coasele, cuțitele și șinele pentru protejarea roților de lemn ale căruțelor. În limbajul modern, am spune că acest tip de agricultură nu necesită niciun aport de energie non-regenerabilă (combustibili fosili) și are nevoie doar de un minimum de subvenții materiale non-regenerabile (componentele din fier, pietrele pentru morile de grâu), și că producția atât a recoltelor, cât și a materialelor se bazează numai pe energii regenerabile obținute prin eforturile mușchilor umani și animali.

Un secol mai târziu, în 1901, cea mai mare parte a grâului țării provine din Marile Câmpii, așa că ne vom muta în Valea Râului Roșu, din estul statului Dakota de Nord. Marile Câmpii au fost colonizate și industrializarea a făcut progrese importante în ultimele două generații — deși cultivarea grâului continuă să se bazeze pe animalele de tracțiune, grâul cultivat în marile ferme din Dakota este puternic mecanizat. Echipaje de patru cai puternici trag pluguri și grape din oțel pentru brazde multiple, semănătorile mecanice sunt folosite la însămânțat, secerătorile mecanice taie paiele și leagă snopii și doar căpițele sunt făcute manual. Snopii sunt cărați la stoguri și introduse în mașinile de treierat, acționate de motoare cu abur, iar grăunțele sunt duse în silozuri. Întreaga succesiune de operații durează mai puțin de 22 de ore pe hectar, cam 1/7 din timpul care fusese necesar în 1801.[8] În această cultivare extensivă, suprafețele mari compensează productivitatea scăzută. Producția rămâne scăzută (1 tonă pe hectar), dar investiția de muncă umană este de doar circa 1,5 minute pe kilogram de cereale (față de 10 minute în 1801), în vreme ce folosirea animalelor de tracțiune adaugă până la circa 37 de ore-cal pe hectar sau peste 2 minute pe kilogram de cereale.

Acesta este un tip nou, hibrid, de agricultură, dat fiind că aportul solar indispensabil este sporit de energiile antropogene non-regenerabile, obținute în

mod covârșitor din cărbune. Noul aranjament necesită mai multă muncă animală decât muncă umană, iar întrucât caii de muncă (și catârii, în sudul Americii) au nevoie de cereale — în principal ovăz — pentru hrană, precum și de iarbă verde și fân, numărul lor mare impune solicitări substanțiale asupra producției de cereale a țării: cam un sfert din tot terenul agricol american este dedicat creșterii nutrețului pentru animalele de tracțiune.[9]

Recoltele de mare productivitate sunt posibile datorită creșterii infuziei de energii fosile. Cărbunele este folosit pentru producerea cocsului metalurgic încărcat în furnale, iar fonta este transformată în oțel în cuptoare Martin, cu vatră deschisă (vezi capitolul 3). Oțelul este necesar pentru mașinile agricole, precum și pentru construirea motoarelor cu abur, a șinelor de cale ferată, vagoanelor, locomotivelor și vapoarelor. Cărbunele alimentează de asemenea motoarele cu abur și produce căldura și electricitatea necesară pentru fabricarea plugurilor, semănătorilor, secerătorilor (de asemenea, a primelor combine), a vagoanelor și silozurilor, și pentru funcționarea căilor ferate și navelor care distribuie cerealele la consumatorii finali. Îngrășămintele anorganice încep să pătrundă odată cu importurile de nitrați din Chile și cu aplicarea fosfaților extrași din Florida.

În 2021, Kansas este statul cu cea mai mare producție de grâu din țară, așa încât ne mutăm în valea râului Arkansas. În inima ținutului american al grâului, fermele sunt acum de trei până la patru ori mai mari decât în urmă cu un secol[10] — și totuși majoritatea muncii câmpului este efectuată doar de unul sau doi oameni care operează mașini de mari dimensiuni. Departamentul Agriculturii din SUA a încetat să mai numere animalele de tracțiune în 1961, iar muncile câmpului sunt acum dominate de tractoare puternice — multe modele au acum peste 400 de cai-putere și câte opt pneuri gigantice — care tractează utilaje late, cum ar fi pluguri din oțel (cu o duzină de brazde sau mai multe), semănători și mașini de împrăștiat îngrășăminte.[11]

Semințele provin de la producători certificați, iar plantele tinere primesc cantități optime de îngrășăminte anorganice — în special azot din belșug, aplicat ca amoniac sau uree — și protecție specifică împotriva insectelor, fungilor și buruienilor. Recoltarea și treieratul se fac cu ajutorul unor combine mari, care transferă cerealele direct în camioane, pentru a fi transportate la silozurile de depozitare și vândute în toată țara sau expediate cu vapoarele în Asia sau Africa. Producerea grâului necesită acum mai puțin de două ore de muncă umană pe hectar (față de 150 de ore în 1801) și, cu recolte de circa 3,5 tone la hectar, asta înseamnă mai puțin de 2 secunde pe kilogramul de cereale.[12]

Mulți oameni din zilele noastre vorbesc admirativ despre performanțele din informatica modernă („atât de multe date“) sau din telecomunicații („atât de ieftin“) — dar ce putem spune despre recolte? În două secole, munca umană pentru a produce un kilogram de grâu american s-a redus de la 10 minute la mai puțin de două secunde. Iată cum funcționează cu adevărat lumea noastră modernă. Așa cum am spus, aș fi putut să fac uluitoare reconstituiri similare ale scăderii aportului de muncă, creșterii recoltelor și productivității pentru orezul din China sau India. Intervalele de timp ar fi fost diferite, dar câștigurile relative ar fi fost similare.

Cele mai multe dintre progresele tehnice fără îndoială remarcabile care au transformat industriile, transporturile, comunicațiile și traiul de zi cu zi ar fi fost imposibile dacă mai mult de 80% dintre toți oamenii ar fi fost nevoiți să rămână în ținuturile rurale pentru a-și produce pâinea zilnică (în 1800, partea din populația americană implicată în agricultură era de 83%) sau castronul zilnic de orez (în Japonia anului 1800, aproape 90% din populație locuia în sate). Drumul spre lumea modernă a început cu plugurile din oțel și îngrășămintele anorganice ieftine și este necesară o examinare mai detaliată pentru a explica aceste aporturi indispensabile, care ne-au făcut să luăm ca de la sine înțeleasă o civilizație bine hrănită.

Ce intră

Agricultura preindustrială, efectuată cu muncă umană și animală și cu unelte simple din lemn și fier a avut ca singură sursă de energie Soarele. Astăzi, ca întotdeauna, n-ar fi posibil să se obțină nicio recoltă fără fotosinteza determinată de Soare, dar producțiile mari la hectar obținute cu un aport minim de muncă și, prin urmare, cu costuri extrem de reduse ar fi imposibile fără infuzarea directă și indirectă a energiilor fosile.

Unele dintre aceste aporturi de energie antropogene provin din electricitate, care poate fi generată din cărbune, din gaze naturale sau din regenerabile, dar cele mai multe sunt hidrocarburi lichide și gazoase folosite ca materii prime și combustibili pentru mașini.

Mașinile consumă energii fosile direct, sub formă de motorină sau benzină, pentru lucrările agricole, inclusiv pomparea apei de irigații din puțuri, pentru prelucrarea și uscarea recoltelor, pentru transportarea acestora pe teritoriul țării cu camioane, trenuri și barje și pentru exporturi în calele spațioase ale cargoboturilor. Utilizarea indirectă a energiei în fabricarea acelor mașini este mult mai complexă, întrucât combustibilii fosili și electricitatea intră nu doar în producerea oțelului, cauciucului, materialelor plastice, sticlei și componentelor electronice, ci și în asamblarea acestor părți componente în fabricarea de tractoare, unelte, combine, camioane, uscătoare de cereale și silozuri.[13]

Dar energia necesară pentru a produce și a alimenta mașinile agricole este neglijabilă în raport cu necesarul energetic pentru fabricarea produselor agrochimice. Agricultura modernă are nevoie de fungicide și insecticide pentru a minimiza pierderile din recolte, de erbicide pentru a împiedica buruienile să concureze cu plantele utile pentru nutrienții și apa disponibile. Toate acestea sunt produse energointensive, dar sunt aplicate în cantități relativ mici (doar fracțiuni de kilogram la hectar).[14] În schimb, îngrășămintele care furnizează plantelor cei trei macronutrienți esențiali — azotul, fosforul și potasiul — necesită mai puțină energie pe unitatea de produs final, însă sunt folosite în cantități mai mari pentru a asigura producții mari la hectar.[15]

Potasiul este cel mai ieftin de produs, întrucât nu e nevoie decât de clorura de potasiu (KCl, postasa) din minele de suprafață sau subterane. Îngrășămintele fosfatice încep cu excavarea fosfaților, urmată de procesarea lor pentru obținerea compușilor sintetici superfosfați. Amoniacul este compusul inițial pentru obținerea tuturor îngrășămintelor azotoase. Toate culturile de mare productivitate de grâu și orez, precum și multe legume, necesită mai mult de 100 (uneori și până la 200) de kilograme de azot la hectar, iar acest necesar face din sinteza îngrășămintelor azotoase cel mai important aport indirect de energie în agricultura modernă.[16]

De azot este nevoie în cantități atât de mari pentru că se află în toate celulele vii: îl găsim în clorofilă, a cărei excitare alimentează fotosinteza; în acizii nucleici ADN și ARN, care stochează și procesează toată informația genetică; și în aminoacizi, care compun toate proteinele necesare creșterii și menținerii țesuturilor noastre. Elementul este abundent — constituie aproape 80% din atmosferă, organismele trăiesc cufundate în acest element — și totuși este un factor limitator esențial pentru productivitatea culturilor, precum și în creșterea umană. Aceasta este una dintre marile realități paradoxale ale biosferei și

explicația ei este simplă. Azotul (sau nitrogenul) există în atmosferă ca moleculă non-reactivă (N_2) și doar câteva procese naturale pot rupe legătura dintre cei doi atomi de azot, făcând elementul disponibil formării de compuși reactivi.[17]

Fulgerele pot face asta: produc oxizi de azot, care se dizolvă în ploaie și formează nitrații, după care pădurile, câmpurile și pășunile primesc îngrășământ de sus — dar evident că acest aport natural este prea mic pentru producerea unor recolte care să poată hrăni cele aproape 8 miliarde de locuitori ai planetei. Ceea ce fulgerul poate realiza cu temperaturi și presiuni enorme, o enzimă (nitrogenaza) poate face în condiții normale: este produsă de bacteriile asociate cu rădăcinile plantelor leguminoase (plantele cu boabe, precum și unii copaci) sau care trăiesc liber în sol sau în plante. Bacteriile atașate de rădăcinile plantelor leguminoase sunt responsabile în cea mai mare parte de fixarea naturală a azotului — adică de divizarea moleculei non-reactive de azot și de încorporarea azotului în amoniac (NH_3), un compus puternic reactiv, care este ușor convertit în nitrați solubili și poate furniza plantelor azotul necesar, în schimbul acizilor organici sintetizați de plante.

Drept rezultat, culturile de leguminoase, inclusiv soia, fasole, mazăre, linte și arahide, sunt capabile să-și asigure (să-și fixeze) propria rezervă de azot, lucru pe care îl fac și leguminoasele de acoperire a solului, cum ar fi lucerna, trifoiul și măzărichea. Dar cerealele principale, oleaginoasele (exceptând soia și arahidele) și plantele cu tuberculi nu pot face acest lucru. Singura cale prin care acestea pot beneficia de proprietățile de fixare a azotului ale leguminoaselor este rotația culturilor (cu lucernă, trifoi sau măzăriche); acestea sunt crescute câteva luni, apoi se ară terenul, îngropând plantele, astfel încât solul să se îmbogățească cu azot reactiv care să fie preluat de culturile care urmează (grâu, orez sau cartofi).[18] În agriculturile tradiționale, singura altă variantă de îmbogățire a rezervelor de azot din sol consta în colectarea și aplicarea de excremente umane și animale. Dar aceasta este o metodă inerent laborioasă și ineficientă de furnizare a nutrientului. Aceste reziduuri au un conținut de azot foarte redus și sunt supuse pierderilor prin volatilizare (conversia lichidelor în gaze — mirosul de amoniac al bălegarului poate fi foarte puternic).

În agricultura preindustrială, reziduurile trebuiau colectate în sate și oraș, fermentate în grămezi sau gropi și — din cauza conținutului lor scăzut de azot — aplicate pe câmp în cantități foarte mari, de regulă 10 tone pe hectar, dar uneori până la 30 de tone (valoarea din urmă fiind echivalentă cu masa a 25–30 de automobile europene mici), pentru a asigura necesarul de azot. Deloc

surprinzător, aceasta era operația cea mai cronofagă din agricultura tradițională, necesitând cel puțin o cincime, și cel mult o treime din toată munca (umană și animală) depusă în lucrările agricole. Reciclarea deșeurilor organice nu se numără printre subiectele tratate în mod curent de romancierii celebri, dar Émile Zola, mereu un realist desăvârșit, a surprins importanța acestei operații când l-a descris pe Claude, un tânăr pictor parizian, căruia „îi plăcea destul de mult bălegarul". Claude se oferă să arunce în groapă „noroaiele halelor, murdăriile căzute de la această masă gigantică rămâneau astfel vii, se întorceau acolo unde crescuseră legumele, ca să țină de cald altor generații de verze, de napi și de morcovi. Trăiau din nou sub forme minunate și reveneau să se etaleze pe trotuarele halelor. Parisul putrezea toate celea, restituind totul pământului care, veșnic neobosit, dregea ceea ce moartea strica".[19]

Dar cu ce costuri de trudă umană! Această barieră de azot în calea producțiilor agricole mari a fost clintită doar în secolul XIX, când în Chile au început să fie extrași și exportați nitrații, primul îngrășământ azotos anorganic. Apoi, bariera a fost ruptă definitiv în 1909, când Fritz Haber a inventat sinteza amoniacului, care a început să fie comercializat rapid (amoniacul a fost prima oară expediat în 1913), însă producția ulterioară a crescut lent și aplicarea pe scară largă a îngrășămintelor azotoase a trebuit să aștepte până după al Doilea Război Mondial.[20]. Noile soiuri foarte productive de grâu și orez apărute în anii 1960 nu-și puteau exprima pe deplin potențialul fără îngrășămintele azotoase sintetice. Iar marea transformare a productivității cunoscută ca Revoluția Verde nu ar fi putut avea loc fără această combinație între soiuri mai bune și răspândirea aplicării azotului.[21]

Începând din anii 1970, sinteza îngrășămintelor azotoase a fost fără îndoială primus inter pares dintre subvențiile energetice agricole — dar întreaga amploare a acestei dependențe nu ne este dezvăluită decât dacă examinăm cantitățile detaliate de energie necesară pentru producerea diferitelor alimente comune. Pentru exemplificare, am ales trei dintre ele și le-am ales pe acestea datorită dominanței lor nutriționale. Pâinea a fost de milenii alimentul principal al civilizației europene. Date fiind interdicțiile religioase privind consumul de carne de porc și de vită, carnea de pui a fost singura favorizată universal. Și nicio altă legumă (deși, din punct de vedere botanic, este un fruct) nu depășește producția anuală de roșii, care acum sunt cultivate nu doar pe câmp, în aer liber, ci tot mai mult în sere din plastic sau din sticlă.

Fiecare dintre aceste alimente are un rol nutrițional diferit (pâinea este

consumată pentru carbohidrați, carnea de pui pentru proteinele sale perfecte, iar roșiile pentru conținutul de vitamina C), dar niciunul dintre ele nu ar putea fi produs atât de des întâlnit, de sigur și de ieftin fără cantitățile considerabile de combustibil fosil. În cele din urmă, producția noastră de hrană se va schimba, dar deocamdată și pentru viitorul previzibil, nu putem hrăni planeta fără să recurgem la combustibilii fosili.

Costuri energetice pentru pâine, carne de pui și tomate

Dată fiind enorma varietate a pâinii, o să mă rezum la doar câteva varietăți de pâine din aluat dospit comune în regimurile alimentare occidentale și disponibile acum în multe alte locuri, începând din vestul Africii (outre-mer, domeniul baghetei franțuzești) și până în Japonia (toate magazinele universale au un sector de brutărie franceză sau germană). Trebuie să începem cu grâul și, din fericire, nu sunt puține studiile care au încercat să cuantifice toate inputurile de combustibil și electricitate și să le compare pe suprafață recoltată sau pe unitate de produs pentru diferite tipuri de culturi cerealiere.[22] Cultivarea cerealelor se află la baza scării subvențiilor energetice, pentru că necesarul este relativ mic în comparație cu celelalte alimente alese de noi, dar, așa cum vom vedea, tot are nevoie de o cantitate de energie surprinzător de mare.

Producția americană eficientă de grâu neirigat de pe întinsele suprafețe ale Marilor Câmpii necesită doar circa 4 megajouli pe kilogram de cereale. Întrucât o parte foarte mare din această energie este sub forma motorinei rafinate din țiței, comparația ar putea fi mai tangibilă dacă ar fi exprimată în echivalente, în locul unităților standard pentru energie (jouli).[23]

Mai mult, exprimarea necesarului de motorină în termeni de volume pe unitatea de produs comestibil (fie el 1 kilogram, o pâine sau o masă) ne ajută să ne imaginăm mai ușor aceste subsidii energetice.

Ținând cont că motorina conține 36,9 megajouli pe litru, costul energetic tipic al grâului provenit din Marile Câmpii este de aproape 100 mililitri (1 decilitru sau

0,1 litri) de motorină pe kilogram — doar un pic mai puțin decât jumătate din măsura americană pentru ceașcă.[24] Voi folosi echivalente volumetrice specifice ale motorinei pentru a eticheta alimentele individuale cu energia încorporată în producerea lor.

Pâinea cu maia este cel mai simplu tip de pâine din aluat dospit, un aliment de bază al civilizației europene. Ea conține doar făină de grâu, apă și sare, iar plămădeala se face, bineînțeles, din făină și apă. Un kilogram din această pâine va conține cam 580 de grame de făină, 410 grame de apă și 10 grame de sare.[25] Măcinatul — adică separarea tărâței (stratul exterior) de bob — reduce masa cerealelor măcinate cu circa 25% (o rată de extracție a făinii de 72–76%).[26] Aceasta înseamnă că pentru a obține 580 de grame de făină, trebuie să începem cu circa 800 grame de grâu integral, iar pentru a-l produce este nevoie de 80 mililitri de motorină echivalentă.

Măcinarea cerealelor necesită un echivalent de circa 50 mL/kg pentru a produce făină albă, în vreme ce datele publicate pentru coacerea pe scară largă în întreprinderile moderne eficiente — care consumă gaz natural și electricitate — arată echivalente de combustibil de 100 — 200 mL/kg.[27] Cultivarea și măcinarea grâului și coacerea unui kilogram de pâine cu maia necesită prin urmare un input de energie echivalent cu cel puțin 250 mililitri de motorină, un volum ceva mai mare decât măsura americană pentru ceașcă. Pentru o baghetă standard de 250 de grame, energia echivalentă încorporată este de circa 2 linguri de motorină; pentru o Bauernbrot mare nemțească (2 kilograme) ar fi nevoie de circa 2 cești de motorină (mai puțin pentru pâinea din grâu integral).

Costul real de energie fosilă este și mai mare, pentru că doar o mică parte din pâine este acum coaptă acolo unde este cumpărată. Chiar și în Franța, acele boulangeries de cartier au dispărut și baghetele sunt distribuite de la brutăriile mari: economiile de energie aduse de randamentele producției la scară industrială sunt anulate de creșterea costurilor de transport, iar costul total (de la cultivarea și măcinarea cerealelor la coacerea într-o brutărie mare și distribuirea pâinii la consumatorii aflați la distanță) poate avea un consum echivalent de energie de până la 600 mL/kg!

Dar dacă raportul tipic (aproximativ 5:1) dintre masa comestibilă și masa energiei încorporate (1 kilogram de pâine comparat cu circa 210 grame de motorină) pare neliniștitor de mare, să ne amintim că, așa cum am menționat deja, cerealele — chiar și după prelucrare și transformare în alimentele noastre

preferate — se află la baza scării subsidiilor energetice pentru hrana noastră. Care ar fi consecințele dacă se urmează o asemenea recomandare dubioasă de dietă, promovată acum de către unii susținători sub eticheta înșelătoare de „dieta paleolitică“, care ar presupune evitarea tuturor cerealelor și trecerea la un regim alimentar compus numai din carne, pește, legume și fructe?

În loc să reconstituim costul energetic al cărnii de vită (un tip de carne care a fost deja mult defăimat), voi cuantifica consumurile de energie ale cărnii cel mai eficient produse — cea a puilor crescuți în hale mari în așa-numitele operațiuni centrale de hrănire a animalelor (OCHA). În cazul puilor de găină, asta înseamnă adăpostirea și hrănirea a zeci de mii de păsări în clădiri lungi rectangulare, unde stau îngrămădite în spații slab iluminate (echivalentul unei nopți cu lună) și hrănite timp de circa șapte săptămâni înainte de a fi duse la abator.[28] Departamentul pentru Agricultură din SUA publică anual statistici privind eficiența hrănirii animalelor domestice, iar în ultimele cinci decenii, aceste raporturi (unități de hrană exprimată în termeni de boabe de porumb pe unitate de greutate în viu) nu arată vreo tendință de scădere nici pentru carnea de porc, nici pentru cea de vită, dar prezintă câștiguri impresionante pentru pui.[29]

În 1950, 3 unități de hrană erau necesare pe unitatea de greutate pentru puii vii; acum acel număr este de doar 1,82, cam o treime din raportul pentru porci și o șeptime din raportul pentru vite.[30] În mod evident, păsările nu sunt consumate în întregime (sunt excluse penele și oasele), iar ajustarea pentru greutatea comestibilă (cam 60% din greutatea în viu) duce la cel mai scăzut raport hrană/carne la 3:1. Pentru a produce un pui american (a cărui greutate comestibilă medie este acum de aproape 1 kilogram) este nevoie de 3 kilograme de boabe de porumb.[31] Cultivarea eficientă, neirigată (numai cu apa din precipitații) a porumbului are drept rezultat producții mari și costuri energetice relativ scăzute — echivalent cu circa 50 mililitri de motorină pe kilogramul de boabe — dar costul energetic al porumbului irigat poate fi dublu față de cel al porumbului neirigat și, pe plan mondial, producțiile tipice și eficiența de hrănire sunt mai mici decât în SUA. În consecință, numai costurile de hrănire pot fi de minimum 150 de mililitri de motorină pe kilogram de carne comestibilă și de maximum 750 mL/kg.

Alte costuri energetice provin din comerțul intercontinental de furaje: este dominat de exporturile americane de porumb și boabe de soia și de vânzările de soia din Brazilia. Cultivarea soiei braziliene necesită echivalentul a 100 de mililitri de motorină pe kilogram de boabe, dar transportul recoltei din regiunile

producătoare în porturi și expedierea ei în Europa dublează costul energetic.[32] Creșterea puilor până la greutatea de tăiere mai necesită energie pentru căldură, aer condiționat și întreținerea adăposturilor pentru păsări, pentru furnizarea apei și a rumegușului și pentru eliminarea compostului rezidual. Aceste cerințe variază mult cu poziția geografică (în special datorită condiționării aerului pe timp de vară și a încălzirii pe timpul iernii), astfel încât, când se combină cu costul energetic al hranei livrate rezultă o gamă largă de volume — de la 50 la 300 mililitri pe kilogram de carne comestibilă.[33]

Cea mai conservatoare rată combinată pentru hrănire și creștere a păsărilor ar fi astfel un echivalent de circa 200 mililitri de motorină pe kilogram de carne, dar valorile pot urca până la 1 litru. Adăugând energia necesară pentru tăierea și procesarea păsărilor (carnea de pui este acum vândută în mod covârșitor ca părți, nu ca pui întregi), vânzarea cu amănuntul, depozitarea și refrigerarea în gospodărie și în sfârșit gătitul, necesarul total de energie pentru a pune un kilogram de pui fript pe farfurii crește până la cel puțin 300 — 350 de mililitri de țiței: un volum egal cu aproape o jumătate de sticlă de vin (și, pentru producătorii mai puțin eficienți, la peste 1 litru).

Minimumul de 300–350 mL/kg este o performanță de o eficiență remarcabilă în comparație cu ratele de 210–250 mL/kg pentru pâine, iar acest lucru se reflectă în prețurile comparativ reduse ale cărnii de pui. În orașele americane, prețul mediu al unui kilogram de pâine albă este cu doar 5% mai mic decât prețul mediu pe kilogram de pui întreg (iar pâinea din grâu integral este cu 35% mai scumpă!), în vreme ce în Franța 1 kilogram de pui întreg standard costă doar cu circa 25% mai mult decât prețul mediu al pâinii.[34] Aceasta ar putea explica de ce carnea de pui devine rapid carnea dominantă în toate țările vestice (în plan global, carnea de porc continuă să fie în frunte, datorită cererii enorme din China).

Dat fiind că veganii au preamărit consumul de plante și că în media au apărut nenumărate articole privind costurile de mediu ridicate ale cărnii, ați putea crede că aceste câștiguri în costurile energetice ale cărnii de pui au fost depășite de cele asociate cultivării și vânzării legumelor. Ați greși dacă ați crede așa ceva. De fapt, putem spune că dimpotrivă și nu există un exemplu mai bun care să ilustreze aceste sarcini energetice surprinzător de mari decât să examinăm îndeaproape roșiile. Acestea le au pe toate — culoare atractivă, o varietate de forme, coajă moale și interior suculent. Din perspectivă botanică, roșia este fructul plantei Lycopersicon esculentum, nativă în America Centrală și de Sud,

care a fost răspândită în restul lumii în epoca primelor navigații transatlantice europene, dar care a avut nevoie de generații ca să devină atractivă în toată lumea.[35] Mâncate ca atare, în supe, umplute, coapte, tocate, fierte, făcute piure în sosuri și adăugate la nenumărate salate și feluri de mâncare, au devenit acum favorite globale, adoptate în țări începând cu țările de baștină, Mexic și Peru, până în Spania, Italia, India și China (acum cel mai mare producător de tomate).

Compendiile nutriționale îi laudă conținutul ridicat de vitamina C. Într-adevăr, o roșie mare (200 grame) poate furniza două treimi din doza zilnică recomandată pentru un adult.[36] Dar, la fel ca toate fructele proaspete și suculente, nu este mâncată pentru conținutul energetic; în mod covârșitor, este doar un rezervor de apă cu formă atrăgătoare, apa constituind 95% din masa ei. Restul este în principal alcătuit din carbohidrați, puține proteine și abia niște urme de lipide.

Roșiile pot fi cultivate în orice loc care are măcar 90 de zile calde pe an, inclusiv pe terasa unei cabane la malul mării din apropiere de Stockholm sau într-o grădină din preriile canadiene (în ambele cazuri, din răsaduri crescute în interior). Cultivarea comercială este totuși o cu totul altă chestiune. La fel ca toate fructele și legumele (cu câteva mici excepții) care sunt consumate în societățile moderne, cultivarea tomatelor este o operație extrem de specializată și cele mai multe dintre soiurile care se găsesc în supermarketurile din Europa și America de Nord provin din doar câteva locuri. În SUA, din California; în Europa, din Italia și Spania.

Pentru a le crește productivitatea și calitatea și pentru a reduce intensitatea inputurilor de energie, tomatele sunt tot mai mult cultivate în spații închise acoperite cu plastic, cu tuneluri, sau în sere — nu doar în Canada și Olanda, ci și în Mexic, China, Spania și Italia.

Ajungem astfel din nou la combustibilii fosili și electricitate. Materialele plastice sunt o alternativă mai ieftină la construirea serelor din sticlă multi-tunel, iar cultivarea tomatelor mai necesită clipsuri, pene de fixare și rigole din plastic. Acolo unde plantele cresc în aer liber, foliile din plastic sunt folosite la acoperirea solului, pentru reducerea evaporării apei și pentru a împiedica apariția buruienilor. Sinteza compușilor plastici se bazează pe hidrocarburi (țiței și gaze naturale), atât ca materii prime, cât și pentru energia necesară producerii lor. În materiile prime intră etanul și lichide din gaze naturale, și neofalina, produsă în timpul rafinării țițeiului. Gazul natural este folosit de asemenea drept combustibil în producerea plasticului și este (așa cum s-a menționat deja) cea

mai importantă materie primă — sursa de hidrogen — pentru sinteza amoniacului. Alte hidrocarburi servesc ca materii prime pentru producerea compușilor protectori (insecticide și fungicide), deoarece nici când sunt crescute în sere din sticlă sau din plastic, plantele nu sunt imune la dăunători și infecții.

Exprimarea în bani a costurilor operative anuale ale cultivării roșiilor se poate face ușor însumând cheltuielile legate de răsaduri, îngrășăminte, agrochimice, apă, încălzire și muncă și distribuind proporțional costurile construcțiilor și dispozitivelor — suporturi metalice, folii din plastic, sticlă, conducte, jgheaburi, încălzitoare — care au o vechime mai mare de un an. Dar să cumulezi o factură de energie atotcuprinzătoare nu e la fel de simplu. Inputurile directe de energie sunt ușor de cuantificat pornind de la facturile de electricitate și achizițiile de benzină sau motorină, dar calcularea fluxurilor indirecte în producția de materiale necesită contabilitate specializată și, de obicei, câteva supoziții.

Studii detaliate au cuantificat aceste inputuri și le-au multiplicat cu costurile lor de energie tipice. De exemplu, sinteza și ambalarea unui kilogram de îngrășământ azotos necesită un echivalent de aproape 1,5 litri de motorină. Deloc surprinzător, aceste studii prezintă o gamă largă de totaluri, dar un studiu — probabil cel mai meticulos studiu al cultivării roșiilor în serele multi-tunel încălzite și neîncălzite din Almería, Spania — a conchis că necesarul de energie cumulativ al producției nete este de peste 500 mililitri de motorină (peste 2 cești) pe kilogram pentru serele încălzite și de numai 150 mL/kg pentru serele neîncălzite.[37]

În mare parte, obținem acest cost energetic ridicat deoarece roșiile de seră sunt printre cele mai fertilizate culturi din lume: pe unitatea de suprafață, ele primesc de până la 10 ori mai mult azot (și fosfor) decât este folosit pentru producerea porumbului, cea mai importantă cultură de câmp din America.[38] Sulful, magneziul și alți micronutrienți sunt și ei folosiți, la fel ca substanțele chimice de protecție împotriva insectelor și fungilor. Încălzirea este cea mai importantă utilizare directă a energiei în cultivarea în seră. Ea prelungește sezonul de creștere și îmbunătățește calitatea culturii, dar, inevitabil, când este întrebuințată în țările cu climă rece devine cel mai mare consumator de energie.

Serele din plastic situate în extremitatea sudică a provinciei Almería sunt cea mai mare suprafață acoperită din lume destinată cultivării comerciale a legumelor proaspete: circa 40 000 de hectare (echivalent cu un pătrat cu latura de 20 de kilometri) ușor de identificat pe imaginile din satelit — puteți căuta și

singuri pe Google Earth. Puteți chiar face un tur pe Google Street View, care oferă o experiență din altă lume a acestor structuri joase, acoperite cu plastic. Sub această mare din plastic, cultivatorii spanioli și muncitorii lor localnici sau imigranți din Africa produc anual (la temperaturi care adesea depășesc 40°C) aproape 3 milioane de tone de legume timpurii și în afara sezonului (roșii, ardei, fasole verde, zucchini, vinete, pepeni) și unele fructe, și exportă cam 80% din această producție în țările UE.[39] Un camion care transportă 13 tone de roșii din Almería până la Stockholm parcurge 3 745 de kilometri și consumă circa 1 120 litri de motorină.[40] Rezultă un consum de 90 mililitri pe kilogram de tomate, iar transportul, depozitarea și ambalarea la centrele de distribuție regionale, precum și livrările la magazine ridică acest consum la aproape 130 mL/kg.

Asta înseamnă că, atunci când sunt cumpărate dintr-un supermarket scandinav, roșiile din serele de plastic încălzite din Almería au un cost energetic încorporat în producție și transport uluitor de mare. Este echivalent cu circa 650 mL/kg sau peste cinci linguri (fiecare conținând 14,8 mililitri) de motorină pe fiecare roșie de dimensiune medie (125 grame)! Se poate regiza — ușor și fără pierderi — o demonstrație „de birou“ a acestui subsidiu de combustibil fosil tăind o roșie de acea dimensiune, așezând feliile pe o farfurie și punând peste felii 5 —6 linguri de ulei închis la culoare (uleiul de susan are o culoare potrivită). Când sunteți suficient de impresionat de încărcătura de combustibil fosil a acestui aliment simplu, puteți vărsa conținutul farfuriei într-un castron și mai adăugați două sau trei tomate, ceva sos de soia, sare, piper și semințe de susan și vă puteți bucura de o salată de roșii gustoasă. Câți vegani care savurează salata sunt conștienți de substanțialul ei pedigri de combustibil fosili?

Motorina din spatele fructelor-de-mare

Valorile mari ale productivității din societățile moderne au făcut din vânatul pe uscat (împușcarea sezonieră a unor mamifere și păsări sălbatice) o sursă marginală de nutriție în toate societățile bogate. Carnea de la animalele sălbatice, în mare parte vânate ilegal, continuă să fie răspândită în mai toată Africa sub-sahariană, însă, odată cu creșterea rapidă a populațiilor, chiar și acolo a încetat să fie o sursă principală de proteină animală. Prin contrast, vânatul marin n-a fost

niciodată practicat pe o scară atât de largă și mai intensiv decât în zilele noastre, când flote uriașe de ambarcațiuni — de la marile fabrici plutitoare moderne până la micile bărci șubrede — cutreieră oceanele lumii în căutare de pește și crustacee sălbatice.[41]

Rezultă însă că prinderea a ceea ce italienii numesc atât de poetic frutti di mare este cel mai energointensiv proces de aprovizionare cu hrană. Desigur, nu toate aceste fructe-de-mare sunt greu de prins și pentru capturarea unor specii încă des întâlnite nu este nevoie de expediții lungi în regiunile îndepărtate ale Pacificului de Sud. În cazul speciilor pelagice (care trăiesc aproape de suprafața apei), cum ar fi anșoa, sardine și macrou, care se găsesc în cantități îndestulătoare, pescuitul se poate face cu investiții relativ mici de energie — indirect, în construirea navelor și fabricarea năvoadelor mari, și direct, în motorina consumată de motoarele navelor. Cele mai bune estimări ne arată că pentru astfel de capturi cheltuiala energetică poate fi de doar 100 mL/kg, echivalent cu o jumătate de ceașcă de motorină.[42]

Dacă vrem să mâncăm pește sălbatic cu amprenta de carbon cea mai redusă, trebuie să ne rezumăm la sardine. Media pentru toate fructele-de-mare este uluitor de ridicată — 700 mL/kg (aproape o sticlă de vin plină cu motorină) — iar pentru unii creveți sălbatici și homari se ajunge, incredibil, la peste 10 L/kg (iar asta include o proporție mare de cochilii necomestibile!).[42] Ceea ce înseamnă că doar două frigărui de creveți sălbatici de mărime medie (greutate totală de 100 grame) ar putea necesita 0,5–1 litru de motorină pentru capturare — echivalentul a 2–4 cești de motorină.

Dar, vor obiecta cititorii, creveții sunt acum obținuți în cea mai mare parte din acvacultură și oare aceste operații industriale la scară mare nu se bucură de aceleași avantaje pe care le-am valorificat cu succes în cazul puilor? Din păcate, nu, din cauza diferențelor metabolice fundamentale. Puii sunt erbivori, iar când sunt ținuți în spații restrânse, cheltuiesc puțină energie cu mișcarea. Prin urmare, hrănirea lor cu material vegetal corespunzător — acum, în majoritate, o combinație de mixturi pe bază de porumb și soia — îi va face să crească rapid. Din păcate, speciile marine pe care oamenii preferă să le consume (somon, biban de mare, ton) sunt carnivore, iar pentru creșterea lor corespunzătoare trebuie hrănite cu produse din pește bogat în proteine și ulei de pește derivate din recoltele de specii sălbatice, cum sunt anșoa, sardine, capelin, hering și macrou.

Extinderea acvaculturii — a cărei producție totală globală, pentru apa dulce și

marină, se apropie acum de captura mondială de pește sălbatic (în 2018 a fost de 82 milioane de tone în comparație cu 96 milioane de tone de pește sălbatic) — a redus presiunea asupra unor specii preferate de pești carnivori, supuse pescuitului excesiv, dar a intensificat exploatarea speciilor erbivore mai mici, care sunt necesare în cantități tot mai mari pentru a asigura hrana acvaculturii în extindere.[44] În consecință, costurile energetice pentru creșterea bibanului de mare mediteraneean în cuști (Grecia și Turcia sunt cei mai mari producători) sunt în mod curent echivalente cu până la 2 — 2,5 litri de motorină pe kilogram (un volum echivalent cu circa trei sticle de vin) — adică, de același ordin de mărime cu costurile energetice ale capturării speciilor sălbatice de dimensiuni similare.

După cum este de așteptat, doar peștii erbivori de acvacultură care cresc bine consumând alimente pe bază de plante — în special diferite specii de crap chinezesc (cele mai răspândite sunt novacul (Hypophthalmichthys nobilis), crapul argintiu (Hypophthalmichthys molitrix), crapul negru (Mylopharyngodon piceus) și cosașul (Ctenopharyngodon idella)) — au un cost energetic scăzut, de regulă mai mic de 300 mL/kg. Dar, la cinele tradiționale de Crăciun din Austria, Republica Cehă, Germania și exceptând Polonia, crapul nu este o alegere culinară populară în Europa și este rar consumat în America de Nord, pe când cererea de ton, cu unele specii de ton fiind acum printre cele mai periclitate carnivore marine, a crescut foarte mult datorită adoptării rapide pe plan mondial a felului de mâncare sushi.

Așadar, dovezile sunt incontestabile: hrana noastră — fie că vorbim de cereale, păsări de curte, legumele preferate sau fructele-de-mare lăudate pentru calitățile lor nutriționale — a devenit tot mai mult dependentă de combustibilii fosili. Această realitate fundamentală este în mare măsură ignorată de cei care nici măcar nu încearcă să înțeleagă cum funcționează de fapt lumea noastră și care prezic acum o decarbonizare rapidă. Aceiași oameni ar fi șocați să afle că situația noastră actuală nu poate fi schimbată ușor sau rapid. Așa cum am văzut în capitolul precedent, ubicuitatea și scara largă a acestei dependențe sunt prea mari pentru așa ceva.

Combustibil și hrană

Mai multe studii au urmărit creșterea dependenței producției de hrană de inputurile de energie moderne — îndeosebi de origine fosilă — începând cu absența acesteia la începutul secolului al XIX-lea până la ratele recente (situate între mai puțin de 0,25 tone de țiței pe hectar în cultivarea cerealelor și de peste 10 ori mai mult în cultivarea plantelor în sere încălzite).[45] Probabil că cel mai bun mod de a ne da seama de amploarea acestei dependențe globale este să comparăm creșterea subsidiilor energetice externe cu expansiunea terenului cultivat și creșterea populației planetare. Între 1900 și 2000, populația globului a crescut de aproape patru ori (mai exact, de 3,7 ori), în vreme ce suprafața terenurilor agricole a crescut doar cu 40%, însă calculele mele arată că subsidiile de energie antropogenă din agricultură au crescut de 90 de ori, în frunte situându-se energia încorporată în substanțele agrochimice și în combustibilii consumați direct de mașinile agricole.[46]

Am calculat de asemenea și sarcina globală relativă a acestei dependențe. Însumate, inputurile de energie antropogenă în agricultura modernă (inclusiv tot transportul), pescuit și acvacultură constituie doar 4% din utilizarea anuală globală de energie din perioada recentă. S-ar putea să pară o cotă-parte surprinzător de mică, dar să nu uităm că Soarele va face întotdeauna cea mai mare parte din munca de creștere a hranei și că subsidiile externe de energie țintesc acele componente ale sistemului alimentar în care sunt așteptate cele mai mari câștiguri prin reducerea sau eliminarea constrângerilor naturale — fie prin fertilizare, irigare, protecție împotriva insectelor, fungilor și a plantelor rivale sau prin recoltarea promptă a recoltelor mature. Cota-parte scăzută poate fi văzută și ca încă un exemplu convingător de inputuri mici care au consecințe disproporționat de mari, un aspect des întâlnit în comportamentul sistemelor complexe. Să ne gândim la vitamine și minerale, necesare zilnic în cantități de ordinul miligramelor (vitamina B6 sau cupru) sau microgramelor (vitamina D, vitamina B12) pentru a menține în formă bună corpuri cântărind zeci de kilograme.

Dar energia necesară pentru producerea hranei — lucrările agricole, creșterea animalelor și obținerea fructelor-de-mare — este doar o parte din nevoile totale de combustibil și electricitate legate de alimentație, iar estimarea utilizării în tot lanțul alimentar arată o cotă-parte mult mai mare din rezerva totală. Datele noastre cele mai bune sunt disponibile pentru SUA, unde, mulțumită prevalenței tehnicilor moderne și a reducerii costurilor în cazul producției de masă, utilizarea directă a energiei în producerea hranei este acum de ordinul a 1% din rezerva națională totală.[47] Dar după ce se adaugă energia necesară pentru procesarea și

marketingul alimentelor, ambalare, transport, depozitare angro și serviciile de retail, depozitarea și prepararea acasă a alimentelor și alimentele servite departe de casă și serviciile de marketing, totalul general în SUA a ajuns la aproape 16% din rezerva națională de energie în 2007, pentru ca acum să se apropie de 20%.[48] Factorii care determină această creștere a necesarului energetic sunt de la unificarea tot mai mare a producției — și prin urmare o nevoie crescândă de transport — și dependența din ce în ce mai mare de importul de alimente, până la faptul că mai multe mese sunt consumate departe de casă, iar acasă sunt consumate mai multe mâncăruri gata preparate (din motive de confort).[49]

Există multe motive pentru care ar fi bine să nu mai continuăm multe din practicile actuale de producere a hranei. Contribuția majoră a agriculturii la generarea gazelor de seră este acum cea mai des menționată justificare pentru adoptarea unor căi diferite. Dar cultivarea plantelor, creșterea animalelor și acvacultura din zilele noastre au multe alte influențe nedorite asupra mediului, de la pierderea biodiversității la crearea unor zone moarte în apele de coastă (pentru mai multe detalii despre acest subiect vezi capitolul 6) și nu există motive întemeiate pentru menținerea actualei producții excesive de hrană cu pierderile de hrană asociate. Într-adevăr, multe schimbări sunt în mod clar dezirabile, dar cât de repede pot avea ele loc cu adevărat și cât de radicală poate fi în realitate reformarea comportamentelor noastre curente?

Ne putem întoarce în timp?

Putem inversa măcar unele dintre aceste tendințe? Poate planeta aceasta locuită de, în curând, 8 miliarde de oameni, să se hrănească menținând totodată o varietate de culturi și produse animale și calitatea alimentației preponderente — fără îngrășăminte anorganice și fără celelalte substanțe agrochimice? Am putea să revenim la cultivarea pur organică, bazându-ne doar pe deșeurile organice reciclate și controlul natural al dăunătorilor și am putea să ne descurcăm fără irigarea cu apă pompată de mașini mecanice și fără mașinile agricole, aducând înapoi animalele de tracțiune? Am putea, dar agricultura pur organică ar impune ca majoritatea dintre noi să părăsim orașele, să repopulăm satele, să desființăm hrănirea centralizată a animalelor și să readucem toate animalele în ferme, pentru

a le folosi la muncile agricole și ca surse de bălegar.

În fiecare zi va trebui să hrănim și să adăpăm animalele, să curățăm cu regularitate bălegarul, să-l punem la fermentat și apoi să-l împrăștiem pe câmp și să avem grijă de turmele de animale și de cârdurile de păsări pe pășune. Odată cu fluctuațiile necesarului de muncă sezonieră, bărbații vor ține de coarnele plugurilor trase de echipaje de cai; femeile și copiii vor planta și vor plivi loturile de legume și zarzavat; și toată lumea își va aduce contribuția în perioadele de recoltare și de tranșare a cărnii, strângând snopi de grâu, scoțând cartofii din pământ, ajutând la transformarea în alimente a porcilor și gâștelor proaspăt tăiate. Nu prevăd ca mulțimea de susținători online ai ideii de „organic" și „verde" să îmbrățișeze prea curând aceste opțiuni. Și chiar dacă ar fi dispuși să părăsească orașele și să adopte muncile câmpului, tot nu ar putea produce decât atât cât ar fi suficient pentru a hrăni jumătate din populația actuală a globului.

Nu e dificil să găsim cifrele care să confirme cele de mai sus. Declinul muncii umane necesare pentru producerea grâului american evidențiată mai sus, în acest capitol, este exemplul excelent privind impactul general pe care mecanizarea și substanțele agrochimice îl au asupra mărimii forței de muncă angrenate în agricultura țării. Între 1800 și 2020, am redus cu peste 98% munca fizică necesară pentru producerea unui kilogram de cereale — și tot cu atât s-a redus și partea din populația țării care lucrează în agricultură.[50] Asta ne oferă un indicator util privind transformările economice profunde care ar trebui să aibă loc pentru orice diminuare a mecanizării din agricultură și orice reducere a folosirii substanțelor agrochimice.

Cu cât s-ar reduce mai mult aceste servicii bazate pe combustibilii fosili, cu atât mai mare va fi nevoia ca forța de muncă să părăsească orașele pentru a produce hrana în mod tradițional. Înainte de 1920, în perioada de vârf a populației de cai și catâri din SUA, un sfert din terenul agricol al țării era dedicat cultivării nutrețului pentru cele peste 25 de milioane de cai și catâri ai țării — în condițiile în care atunci fermele americane aveau de hrănit doar circa 105 milioane de oameni. În mod evident, hrănirea celor peste 330 de milioane de oameni folosind „doar" 25 de milioane de cai ar fi imposibilă. Iar fără îngrășămintele chimice, producțiile de hrană și de nutreț dependente de reciclarea materiei organice ar fi doar o fracțiune din recolta actuală. Porumbul, cea mai mare cultură agricolă din America, producea mai puțin de 2 tone la hectar în 1920 și 11 tone pe hectar în 2020.[51] Ar fi nevoie de milioane de animale de tracțiune suplimentare pentru a se cultiva practic tot terenul agricol disponibil și ar fi imposibil să găsim suficientă

materie organică reciclabilă (și muncitori care, asemenea lui Claude, să îndrăgească bălegarul!) sau să cultivăm suprafețe suficiente de „bălegar verde" (rotația grâului cu lucernă sau trifoi) pentru a egala nutrienții furnizați prin aplicarea îngrășămintelor chimice din zilele noastre.

Această imposibilitate este cel mai bine ilustrată prin câteva comparații simple. Reciclarea materiei organice este întotdeauna foarte dezirabilă, căci îmbunătățește structura solului, îi crește conținutul organic și asigură energia pentru multitudinea de microbi și nevertebrate din sol. Dar conținutul foarte scăzut de azot al materiei organice înseamnă că fermierii trebuie să aplice cantități foarte mari de paie sau bălegar pentru a furniza cantități suficiente din acest nutrient esențial pentru plante astfel încât acestea să producă recolte mari. Conținutul de azot al paielor de cereale (cel mai abundent reziduu de pe urma recoltelor) este întotdeauna scăzut, de obicei între 0,3 și 0,6%: reziduurile umane fermentate (numit în China „sol de noapte") au doar 1–3%; iar bălegarul împrăștiat pe câmp rareori conține mai mult de 4%.

În schimb, ureea, care acum este îngrășământul azotos solid dominant în lume, conține 46% azot, nitratul de amoniu are 23%, iar soluțiile lichide des folosite conțin 28–32%, o densitate de azot cu cel puțin un ordin de mărime mai mare decât reziduurile reciclabile.[52] Asta înseamnă că, pentru a furniza aceeași cantitate de nutrienți culturilor în creștere, un fermier ar trebui să împrăștie o masă de bălegar de 10 până la 40 de ori mai mare — iar în realitate s-ar putea să fie nevoie chiar de mai mult, pentru că fracții semnificative de compuși azotoși se pierd în urma volatilizării sau se dizolvă în apă și purtate mai jos de nivelul rădăcinilor, pierderile cumulate de azot din materia organică fiind aproape întotdeauna mai mari decât cele asociate cu îngrășăminte sintetice, lichide sau solide.

În plus, necesarul de muncă ar crește mai mult decât proporțional, căci manipularea, transportul și împrăștierea bălegarului sunt mult mai dificile decât atunci când ai de-a face cu granule mici, ușor curgătoare, care pot fi aplicate fără probleme de împrăștietoare mecanice sau (cum se face cu ureea pe micile terenuri plantate cu orez din Asia) pur și simplu manual. Și oricât de mult efort s-ar depune pentru reciclarea organică, masa totală a materialelor reciclabile este prea mică pentru a asigura azotul necesar recoltelor din zilele noastre.

Inventarul global de azot reactiv ne arată că șase sunt fluxurile care aduc acest element pe terenurile agricole ale planetei: depunerile atmosferice, apa de

irigații, îngroparea prin arat a resturilor de recolte, împrăștierea gunoiului de grajd, azotul lăsat în sol de culturile leguminoase și aplicarea de îngrășăminte - chimice.

Depunerile atmosferice — în principal prin apa de ploaie și zăpada care conține nitrați dizolvați — și resturile vegetale reciclate (paie și lujeri de plante care nu sunt luate de pe câmp pentru hrana animalelor și nici nu sunt arse pe loc) contribuie fiecare cam cu 20 de megatone de azot pe an. Gunoiul de grajd împrăștiat pe câmp, în principal de la vite, porci și pui, conține aproape 30 de megatone; un total similar este introdus de culturile leguminoase (bălegarul verde al culturilor de acoperire a solului, precum și culturile de soia, fasole, mazăre și năut); iar apa de irigații aduce circa 5 megatone — rezultând un total de circa 105 megatone de azot pe an. Îngrășămintele chimice contribuie cu 110 megatone de azot pe an sau ceva mai mult de jumătate din totalul de 210–220 megatone utilizate. Asta înseamnă că cel puțin jumătate din recoltele globale recente au fost produse datorită aplicării compușilor sintetici ai azotului și că fără ele ar fi imposibil să producem hrana necesară dietelor prevalente nici măcar pentru jumătate din cele aproape 8 miliarde de locuitori ai planetei. Deși am putea să reducem dependența de amoniacul sintetic consumând mai puțină carne și aruncând mai puțină mâncare, înlocuirea prin surse organice a inputului global de aproape 110 megatone de azot din compușii sintetici s-ar putea realiza doar în teorie.

Multiple constrângeri limitează reciclarea bălegarului produs de animale în locuri închise.[54] În gospodăriile tradiționale mixte, bălegarul de la un număr relativ redus de vite, porci și păsări era reciclat direct pe câmpurile învecinate. Producția de carne și ouă în operațiile de hrănire centralizată a animalelor a redus această opțiune. Aceste întreprinderi generează cantități atât de mari de reziduuri, încât aplicarea lor pe câmpuri ar supraîncărca solurile cu nutrienți pe raza în care ar fi profitabil să fie împrăștiate; prezența metalelor grele și a reziduurilor medicamentoase (de la aditivii din hrană) constituie altă problemă.[55] Constrângeri similare se aplică utilizării extinse a sedimentelor din apele menajere (biosolide) din instalațiile moderne de tratare a reziduurilor umane. Patogenii din reziduuri trebuie distruși prin fermentare și prin sterilizare la temperaturi ridicate, dar astfel de tratamente nu omoară toate bacteriile rezistente la antibiotice și nu elimină toate metalele grele.

Animalele care pasc în aer liber produc de trei ori mai mult bălegar decât mamiferele și păsările crescute în spații închise. FAO estimează că acestea depun

anual circa 90 de megatone sub formă de reziduuri — dar exploatarea acestei surse mari este nepractică.[56] Accesibilitatea va limita orice încercare de colectare a urinei și excrementelor manuale la o fracțiune din sutele de milioane de hectare de pășuni pe care aceste reziduuri sunt eliminate de vitele, oile și caprele care pasc. Colectarea lor ar fi prohibitiv de scumpă, la fel ca transportarea lor la punctele de tratare și apoi pe terenurile cultivate. Mai mult, pierderile de azot care survin pe parcurs ar reduce și mai mult conținutul deja scăzut de azot al acestor reziduuri înainte ca nutrientul să poată ajunge pe terenuri.[57]

O altă variantă ar fi să extindem cultivarea culturilor leguminoase pentru a produce 50 — 60 de megatone de azot pe an, în loc de numai 30 de megatone cât produc în prezent — dar numai la un cost de oportunitate considerabil. Creșterea suprafețelor plantate cu culturi de acoperire, cum sunt lucerna și trifoiul, ar mări rezerva de azot, dar ar reduce în același timp posibilitatea de a folosi același teren pentru a produce două culturi într-un an, o opțiune vitală pentru populațiile în continuă creștere ale țărilor cu venituri reduse.[58] Cultivarea mai multor plante leguminoase (fasole, linte, mazăre) ar reduce producția totală de energie alimentară, pentru că productivitatea lor este mult mai mică decât cea a culturilor de cereale și, evident, asta ar scădea numărul de oameni care ar putea fi hrăniți de unitatea de teren cultivat.[59] Mai mult, azotul lăsat în urmă de o cultură de soia — de regulă, 40 — 50 de kilograme de azot pe hectar — ar fi mai puțin decât cantitatea de îngrășăminte azotoase aplicată pe terenurile agricole americane, care a ajuns acum la circa 75 kg N/ha pentru grâu și la 150 kg N/ha pentru porumb.

Un alt dezavantaj evident al extinderii rotației cu culturi leguminoase este faptul că, în regiunile cu climă mai rece, unde nu se poate crește decât o singură recoltă pe an, cultivarea lucernei sau a trifoiului ar exclude plantarea anuală a unei culturi alimentare, în vreme ce în regiunile mai calde cu culturi duble s-ar reduce frecvența de recoltare a culturilor alimentare.[60] Deși această opțiune ar fi posibilă în țările cu populații mici și teren agricol din belșug, în mod inevitabil ar reduce capacitatea de producere a hranei în toate locurile în care se practică metoda culturilor anuale duble, inclusiv părți mari ale Europei și în Câmpia de Nord a Chinei, regiune care produce cam jumătate din cerealele Chinei.

Culturile duble se practică acum pe mai mult de o treime din terenul agricol al Chinei și peste o treime din toată cantitatea de orez vine din culturile duble din sudul Chinei.[61] Drept urmare, fără această cultivare intensivă care necesită și niveluri record de aplicare a azotului, Chinei i-ar fi imposibil să-și hrănească cei

peste 1,4 miliarde de locuitori. Chiar și în agricultura chineză intensivă, celebră pentru ratele ridicate de reciclare organică și pentru rotațiile complexe de culturi, fermierii din regiunile cele mai intensiv cultivate nu pot furniza mai mult de 120 — 150 kg N/ha, iar pentru asta este nevoie de aporturi în muncă fizică extraordinar de ridicate, dintre care, după cum s-a menționat deja, colectarea și aplicarea gunoiului de grajd sunt cele mai cronofage operații.

Chiar și așa, astfel de ferme n-ar putea produce decât diete în măsură covârșitoare vegetariene pentru 10–11 oameni la hectar. Prin contrast, culturile duble cele mai productive ale Chinei se bazează pe aplicarea îngrășămintelor azotoase sintetice în cantități medii de peste 400 kg N/ha și pot produce suficient pentru a hrăni 20–22 de oameni ale căror diete conțin circa 40% proteină animală și 60% proteină vegetală.[62] Agricultura globală susținută numai de reciclarea laborioasă a reziduurilor organice și de metoda mai răspândită a rotației culturilor poate fi de conceput doar pentru o populație totală de 3 miliarde de oameni care să consume diete bazate în mare măsură pe plante, dar nu pentru aproape 8 miliarde de oameni pe diete mixte. Să ne amintim că îngrășămintele chimice furnizează acum de două ori mai mult azot față de toate resturile vegetale și gunoiul de grajd reciclate (și ținând cont de pierderile mai mari din aplicările organice, factorul efectiv de multiplicitate este de fapt apropiat de trei!)

Să ne descurcăm cu mai puțin — și fără

Dar nimic din toate acestea nu înseamnă că niște schimbări majore în dependența noastră de subvențiie de combustibili fosili sunt imposibile. Cel mai evident, am putea reduce producția agricolă și animală — împreună cu subsidiile energetice aferente — dacă am irosi mai puțină mâncare. În multe țări în curs de dezvoltare, depozitarea necorespunzătoare a recoltelor (care face cerealele și tuberculii vulnerabili la rozătoare, insecte și fungi) și absența refrigerării (care accelerează alterarea produselor lactate, a peștelui și a cărnii) duc la irosirea unei cantități mari de mâncare chiar înainte de a ajunge în piețele de desfacere. Iar în țările bogate, lanțurile alimentare sunt mai lungi și ocaziile de irosire accidentală a hranei apar la fiecare pas.

Chiar și așa, pierderile alimentare riguros documentate la nivel global au fost excesiv de mari, în principal din cauza unei diferențe de neconceput între producție și nevoile reale. Pentru adulți, necesarul mediu zilnic pe cap de locuitor în rândul populațiilor bogate și în mare măsură sedentare este nu mai mare de 2 000 — 2 100 kilocalorii, mult sub rezerva reală de 3 200 — 4 000 kilocalorii.[63] Potrivit FAO, lumea irosește aproape jumătate din toată producția de rădăcinoase, fructe și legume, cam o treime din pește, 30% din cereale și o cincime din oleaginoase, carne și produse lactate — sau cel puțin o treime din toată producția de hrană.[64] Iar evaluările făcute de UK Waste and Resources Action Programme arată că resturile alimentare necomestibile din gospodărie (unde intră cojile de fructe și legume și oasele) reprezintă doar 30% din total, ceea ce înseamnă că 70% din mâncarea irosită este perfect comestibilă și nu a fost consumată fie pentru că s-a alterat, fie din cauză că s-a servit o cantitate prea mare.[65] Reducerea pierderilor alimentare ar putea părea mult mai ușor de făcut decât reformarea proceselor de producție complexe, și totuși această sarcină ușoară a fost dificil de îndeplinit.

Eliminarea pierderilor care au loc pe parcursul lanțului lung și complex de producție-procesare-distribuție-vânzare angro-vânzare cu amănuntul-consum (de pe câmpuri și din hambare până la farfurii) este extrem de dificilă. Balanțele alimentare americane arată că, la nivelul întregii națiuni, proporția de mâncare irosită a rămas stabilă în ultimii 40 de ani, în pofida neîncetatelor apeluri la îmbunătățirea situației.[66] O creștere și mai pronunțată a irosirii hranei a însoțit îmbunătățirea nutriției în China, după ce țara a trecut de la o situație precară a rezervelor de hrană de până la începutul anilor 1980 la actualele rate pe cap de locuitor care acum sunt mai mari decât în Japonia.[67]

Creșterea prețurilor alimentelor ar trebui să determine o scădere a pierderilor, dar aceasta nu este o soluție de dorit în țările în curs de dezvoltare — în care accesul la hrană pentru multe familii dezavantajate rămâne dificil și unde o bună parte din veniturile familiei sunt cheltuite pe mâncare — în vreme ce în țările bogate, unde mâncarea este relativ ieftină, aceasta ar necesita o creștere substanțială a prețurilor, o politică pe care nimeni nu este nerăbdător să o promoveze.

În societățile bogate, o cale mai bună de a reduce dependența agriculturii de subsidiile în combustibili fosili este să se facă apel la adoptarea unor alternative sănătoase și satisfăcătoare la dietele excesiv de bogate din zilele noastre — alegerile cele mai ușoare fiind un consum moderat de carne și favorizarea cărnii care a fost produsă cu un impact mai mic asupra mediului. Încercarea de a

impune veganismul la nivel de mase este sortită eșecului. Consumul de carne este o componentă a moștenirii noastre evoluționiste, așa cum sunt creierul mare (care a evoluat parțial datorită consumului de carne), mersul biped și limbajul simbolic. [69] Toți strămoșii noștri hominieni au fost omnivori, așa cum sunt ambele specii de cimpanzei (Pan troglodytes și Panpaniscus), hominienii cu alcătuirea genetică cea mai apropiată de a noastră. Ei își suplimentează dieta vegetariană vânând (și împărțind) maimuțe mici, porci sălbatici și țestoase de uscat.[70]

Exprimarea deplină a potențialului dezvoltării umane la nivel de populație poate avea loc numai când alimentația din copilărie și adolescență conține cantități îndestulătoare de proteină animală, mai întâi în lapte și apoi în alte produse lactate, ouă și carne. Creșterea înălțimii corporale de după 1950 în Japonia, Coreea de Sud și China, ca urmare a unui aport sporit de produse animale, sunt mărturii incontestabile ale acestei realități.[71] Reciproc, majoritatea oamenilor care devin vegetarieni sau vegani nu rămân așa pentru tot restul vieților lor. Ideea că miliarde de oameni — din toată lumea, nu doar din orașele prospere din Occident — vor înceta de bunăvoie să mai mănânce vreun produs de origine animală sau că guvernele ar avea suficientă susținere ca să impună acest lucru curând este ridicolă.

Dar nimic din cele de mai sus nu înseamnă că nu am putea mânca mai puțină carne decât media înregistrată în țările bogate în ultimele două generații.[72] Dacă este exprimată în termeni de greutate carcasă, disponibilul anual de carne din multe țări cu venituri ridicate s-a apropiat în medie, ba chiar a depășit 100 de kilograme pe cap de locuitor, în condițiile în care cele mai bune sfaturi nutriționale susțin că nu trebuie să consumăm într-un an mai multă carne decât echivalentul masei corporale a unui adult pentru a obține o cantitate adecvată de proteine de calitate superioară.[73]

În vreme ce veganismul este o irosire de biomasă prețioasă (numai rumegătoarele — adică vitele, oile și caprele — pot digera țesuturi vegetale celulozice, cum sunt paiele și cocenii), nici consumul excesiv de carne nu și-a dovedit beneficiile nutriționale. Cu siguranță că nu mărește speranța de viață și este o sursă de stres ecologic suplimentar. Consumul de carne în Japonia, țara cu cea mai mare longevitate din lume, a fost de curând mai jos de 30 de kilograme pe an; și un fapt mult mai puțin apreciat este că rate de consum similar de scăzute au devenit foarte comune în Franța, care în mod tradițional este o țară cu un aport ridicat de carne. În 2013, aproape 40% dintre francezii adulți erau petits

consommateurs, mâncând carne doar în cantități mici care cumulate ajungeau la mai puțin de 39 kilograme pe an, în vreme ce consumatorii mari de carne, cu o medie de circa 80 kg/an reprezentau mai puțin de 30% dintre francezii adulți.[74]

În mod evident, dacă toate țările dezvoltate ar urma aceste exemple, și-ar putea reduce volumul recoltelor agricole, dat fiind că majoritatea cerealelor recoltate nu sunt destinate consumului direct, ci pentru hrana animalelor.[75] Dar aceasta nu este o opțiune universală. În vreme ce consumul de carne din multe țări bogate a scăzut și poate fi redus și mai mult, el a crescut rapid în țările în curs de modernizare, cum sunt Brazilia și Indonezia (unde începând din 1980 a crescut de peste două ori) și China (unde a crescut de patru ori începând din 1980).[76] Mai mult, există miliarde de oameni în Asia și Africa, al căror consum de carne rămâne la un nivel minimal și a căror sănătate ar avea de câștigat de pe urma unei diete cu aport sporit de carne.

Soluții suplimentare de reducere a dependenței de îngrășămintele azotoase sintetice apar pe partea de producție: de exemplu, prin creșterea randamentului de absorbție a azotului de către plante. Dar, și în acest caz, soluțiile respective sunt limitate. Între 1961 și 1980, s-a înregistrat un declin substanțial al părții din azotul aplicat care a fost efectiv încorporată de recolte (de la 68% la 45%), apoi a venit o redresare în jurul valorii de 47%.[77] Iar în China, cel mai mare consumator de îngrășăminte azotoase din lume, doar o treime din azotul aplicat este folosit efectiv de orez; restul se pierde în atmosferă și în pământ și în apele curgătoare.[78] Dat fiind că ne așteptăm la o creștere cu cel puțin 2 miliarde de oameni a populației până în 2050 și că un număr mai mult decât dublu de oameni din țările sărace din Asia și Africa ar trebui să vadă niște plusuri — cantitative și calitative — în regimul lor alimentar, nu există nicio perspectivă pe termen scurt privind reducerea substanțială a dependenței globale de îngrășămintele azotoase sintetice.

Există soluții evidente pentru funcționarea mașinilor agricole fără combustibili fosili. Irigarea decarbonizată poate deveni comună cu pompe acționate de electricitatea de origine solară sau eoliană în locul motoarelor cu combustie internă. Baterii cu o densitate internă ameliorată și costuri mai mici ar face posibilă convertirea mai multor tractoare și camioane la motoarele electrice.[79] Iar în capitolul următor voi explica alternativele la sinteza amoniacului dominantă în acest moment, bazată pe gazul natural. Dar niciuna dintre aceste variante nu poate fie adoptată nici rapid, nici fără investiții suplimentare (și adesea substanțiale).

În momentul de față, aceste progrese sunt foarte depărtate. Ele vor depinde de generarea ieftină a electricității regenerabile, susținută de o stocare adecvată la scară mare, o combinație care mai are până va fi comercializată (iar o alternativă la acumularea pompată a hidroelectricității încă nu a fost inventată; pentru mai multe detalii, vezi capitolul 3). O soluție aproape perfectă ar fi să se dezvolte culturi de cereale sau oleaginoase cu capacități comune cu plantele leguminoase — adică, rădăcinile lor să găzduiască bacterii capabile să transforme azotul atmosferic inert în nitrați. Oamenii de știință din domeniul cultivării plantelor visează la asta de decenii, dar pentru viitorul apropiat nu s-a anunțat lansarea vreunei varietăți comerciale de grâu sau orez care să fixeze azotul.[80] După cum este foarte puțin probabil ca toate țările bogate și economiile țărilor în curs de modernizare să adopte voluntar reduceri pe scară mare a cantității și varietății dietelor lor tipice sau că resursele (combustibil, îngrășăminte și mașini agricole) economisite de astfel de reduceri vor fi transferate în Africa pentru ameliorarea penuriei alimentare de pe acest continent.

În urmă cu o jumătate de secol, Howard Odum — în examinarea sa sistematică a energiei și mediului înconjurător — a remarcat că societățile moderne „nu au înțeles energetica implicată și diferitele mijloace prin care energiile care intră într-un sistem complex sunt reintroduse indirect ca subsidii în toate părțile rețelei… omul industrial nu mai consumă cartofi făcuți din energie solară, acum consumă cartofi făcuți parțial din petrol“.[81]

După cincizeci de ani, această dependență existențială rămâne insuficient apreciată — dar cititorii acestei cărți înțeleg acum că hrana noastră este parțial făcută nu doar din petrol, ci și din cărbunele care a fost folosit la producerea cocsului necesar extragerii din minereu a fierului necesar pentru lucrările agricole ale câmpului, transport și mașinile de procesare alimentară; din gazul natural care servește atât ca materie primă, cât și drept combustibil pentru sinteza îngrășămintelor azotoase; și din electricitatea generată prin arderea combustibililor fosili, care este indispensabilă pentru procesarea recoltelor, îngrijirea animalelor și hrană, depozitarea și prepararea nutrețului.

Producțiile mai mari ale agriculturii moderne nu sunt obținute cu o fracție din munca fizică ce era necesară cu doar durata unei vieți în urmă pentru că am îmbunătățit randamentul fotosintezei, ci pentru că am asigurat varietăți mai bune de culturi cu condiții mai bune pentru creșterea lor și le-am furnizat nutrienți adecvați și apă, reducând buruienile care concurează pentru aceleași inputuri și

prin protejarea lor împotriva dăunătorilor. În același timp, capturarea mult sporită de specii acvatice sălbatice a depins de creșterea amplorii și intensității pescuitului, iar dezvoltarea acvaculturii nu ar fi putut avea loc fără asigurarea unor incinte indispensabile și a unor furaje de calitate foarte bună.

Pentru toate aceste intervenții critice a fost nevoie de aporturi substanțiale — și sporite — de combustibili fosili; și chiar dacă am încerca să schimbăm sistemul alimentar global, cât mai rapid și mai realist posibil, în deceniile care urmează vom continua să mâncăm combustibili fosili transformați, fie ei sub formă de pâine sau de pește.

Capitolul 3

Să înțelegem lumea noastră materială

Cei patru piloni ai civilizației

Acolo unde contează, ierarhizarea este imposibilă — sau, cel puțin, nerecomandabilă. Inima nu este mai importantă decât creierul; vitamina C este la fel de indispensabilă pentru sănătatea oamenilor ca și vitamina D. Hrana și energia, cele două necesități existențiale tratate în capitolele precedente, ar fi imposibile fără mobilizarea la scară largă a multor materiale făcute de mâna omului — metale, aliaje, compuși nemetalici și sintetici — și la fel putem spune despre toate clădirile și infrastructurile și despre toate modurile de transport și comunicații. Desigur, nu am ști acest lucru dacă ar fi să judecăm importanța acestor materiale după atenția pe care o primesc (sau mai degrabă nu o primesc), nu numai din partea „știrilor“ din mass media, ci și din analizele și prognozele economice privind evoluții notabile, care ar trebui să fie mult mai elevate.

Toate aceste relatări se ocupă în mod covârșitor de fenomene imateriale și intangibile, cum ar fi creșterea procentuală anuală a PIB-ului (cum se mai extaziau economiștii occidentali de ratele din două cifre ale Chinei!), creșterea raporturilor datoriei naționale (neimportante în lumea Teoriei Monetare Moderne, în care rezerva de bani este văzută ca fiind nelimitată), sumele record vărsate în noile oferte publice inițiale (pentru invenții esențiale în plan existențial, cum ar fi aplicațiile pentru jocuri), beneficiile unei conectivități mobile fără precedent (rețelele 5G sunt așteptate cam cum e așteptată a doua venire a lui Iisus) sau promisiunile potrivit cărora inteligența artificială ne va transforma iminent viețile (pandemia a fost o excelentă demonstrație a lipsei de conținut a unor astfel de afirmații).

Să începem cu ceea ce este mai important. Am fi putut să avem o civilizație cu o prosperitate decentă, care să asigure hrană din belșug, confort material și acces la educație și îngrijire medicală fără semiconductori, microcipuri sau calculatoare personale. Am avut una până la, respectiv, mijlocul anilor 1950 (primele aplicații comerciale ale tranzistorilor), începutul anilor 1970 (primele microprocesoare Intel) și începutul anilor 1980 (pentru prima oară, calculatoarele personale erau deținute la scară mare).[1] Și am reușit, până în anii 1990, să integrăm economiile, să mobilizăm investițiile necesare, să construim infrastructurile indispensabile și

să conectăm lumea cu avioanele de pasageri de mare capacitate, fără telefoane inteligente, social media și aplicații puerile. Dar niciunul dintre aceste progrese în electronică și telecomunicații nu ar fi putut avea loc fără a se asigura rezervele de energie și materiale necesare pentru transpunerea în realitate a invențiilor din miriadele de componente, dispozitive, ansambluri și sisteme consumatoare de electricitate, de la microprocesoarele minuscule la uriașele centre de date.

Siliciul (Si) sub formă de plachete subțiri (substratul de bază al microcipurilor) este materialul distinctiv al epocii electronice, dar miliarde de oameni ar putea să trăiască în prosperitate fără el; nu este o limitare existențială a civilizației moderne. Producerea cristalelor mari de siliciu, de puritate ridicată (99,999999999%) care să fie tăiate în plachete este un proces complex, cu etape multiple și energointensiv: exprimat în energie primară, costă cu două ordine de mărime mai mult decât producerea aluminiului din bauxită și cu trei ordine de mărime mai mult decât topirea minereului de fier și producerea oțelului.[2] Dar materia primă este supraabundentă (și ocupă locul al doilea în ierarhia celor mai răspândite elemente din scoarța terestră — aproape 28%, față de 49% pentru oxigen), iar producția anuală de siliciu de grad electronic este foarte mică în comparație cu alte materiale indispensabile: recent, de ordinul a 10 000 de tone de plachete.[3]

Desigur, consumul anual dintr-un material nu este cel mai bun indicator al indispensabilității sale, dar în acest caz verdictul este clar: oricât de utile și de transformatoare ar fi progresele electronice de după 1950, ele nu constituie fundamente materiale indispensabile ale civilizației moderne. Și cu toate că nu poate exista o ierarhizare indiscutabilă a nevoilor noastre materiale pe baza afirmațiilor privind importanța lor, pot să ofer un clasament justificabil care ține cont de indispensabilitatea, de ubicuitatea și de cât de mare e cererea pentru ele. Pe această scară combinată, patru materiale se află în frunte și formează ceea ce am numit cei patru piloni ai civilizației moderne: cimentul, oțelul, plasticul și amoniacul.[4]

Din punct de vedere fizic și chimic, aceste patru materiale se disting printr-o enormă varietate de proprietăți și funcții. Dar, în pofida acestor diferențe de atribute și utilizări specifice, ele au în comun nu doar faptul că sunt indispensabile pentru funcționarea societăților moderne. Sunt necesare în cantități mai mari (și în continuă creștere) decât celelalte inputuri esențiale. În 2019, lumea consuma circa 4,5 miliarde de tone de ciment, 1,8 miliarde de tone de oțel, 370 milioane tone de plastic și 150 milioane de tone de amoniac, iar

toate acestea nu pot fi înlocuite ușor de alte materiale — cu siguranță nu în viitorul apropiat și nu la o scară globală.[5]

Așa cum am menționat în capitolul 2, numai o reciclare completă a tuturor reziduurilor eliminate de animalele de pășune ar putea, laolaltă cu o reciclare aproape perfectă a tuturor celorlalte surse de azot organic, să asigure cantitatea de azot aplicată anual culturilor sub formă de îngrășăminte pe bază de amoniac. În același timp, nu există alte materiale care să rivalizeze cu combinația de maleabilitate, durabilitate și greutate redusă oferită de multe tipuri de materiale plastice. Similar, chiar dacă am reuși să producem mase identice de cherestea pentru construcții sau de piatră de carieră, acestea n-ar putea egala rezistența, versatilitatea și durabilitatea betonului armat. Am putea să construim piramide și catedrale, dar nu segmentele lungi și elegante ale podurilor arcuite, baraje gigantice de hidrocentrale, autostrăzi cu benzi multiple sau piste de aterizare lungi. Iar oțelul a devenit atât de răspândit, încât utilizarea lui absolut necesară ne determină capacitatea de a extrage energie, de a produce hrană și de a adăposti populațiile, precum și de a asigura amploarea și calitatea tuturor infrastructurilor esențiale. Niciun metal nu ar putea să-l înlocuiască, nici pe departe.

Un alt aspect comun esențial al acestor patru materiale este evident atunci când contemplăm viitorul fără carbonul fosil: producția de masă a tuturor acestor materiale se bazează masiv pe arderea combustibililor fosili, iar unii dintre acești combustibil sunt și materie primă pentru sinteza amoniacului și pentru producerea materialelor plastice.[6] Topirea minereului de fier în furnale necesită cocsul care se obține din cărbune (și din gaz natural); energia pentru producerea cimentului provine mai ales din praful de cărbune, cocsul petrolier și păcură. Vasta majoritate a moleculelor simple care sunt legate în lanțuri sau ramuri lungi pentru producerea materialelor plastice sunt derivate din țiței și gaze naturale. Iar în sinteza modernă a amoniacului, gazul natural este atât sursă de hidrogen, cât și energie pentru procesare.

Ca urmare, producția globală a acestor patru materiale indispensabile consumă circa 17% din rezervele de energie primară ale lumii și sunt responsabile pentru 25% din toate emisiile de CO_2 care își au originea în arderea combustibililor fosili. În prezent, nu există alternative la scară largă, disponibile comercial și gata de a fi introduse în circuit, care să înlocuiască aceste procese bine statornicite.[7] Deși nu puține sunt propunerile și tehnicile experimentale de producere a acestor materiale fără recurgerea la carbonul fosil — de la noi

catalize pentru sinteza amoniacului la producerea oțelului folosind hidrogenul drept combustibil — niciuna dintre aceste alternative nu a fost comercializată și chiar dacă ar fi să se pună în practică aplicarea agresivă a variantelor non-carbon, este evident că ar dura decenii înlocuirea capacităților existente care produc, la prețuri convenabile, cantități anuale de sute de milioane până la miliarde de tone.[8]

Pentru a aprecia cu adevărat importanța acestor materiale, le voi explica proprietățile și funcțiile de bază, voi descrie pe scurt istoricele progreselor tehnice și invențiilor epocale care le-au făcut disponibile din abundență și convenabile ca preț, și voi descrie enorma varietate a utilizărilor lor moderne. Voi începe cu amoniacul — pentru că este indispensabil în asigurarea hranei pentru o parte tot mai mare din populația globului — și voi continua, în ordinea producției anuale globale, cu materialele plastice, oțelul și cimentul.

Amoniacul: gazul care hrănește planeta

Dintre cele patru substanțe (și în pofida faptului că îmi displac ierarhizările!), amoniacul este cel care merită poziția de frunte, ca fiind materialul nostru cel mai important. Așa cum am explicat în capitolul precedent, fără utilizarea lui ca principal îngrășământ azotos (direct sau ca materie primă pentru sinteza altor compuși azotoși), ar fi imposibil să se asigure hrana pentru măcar 40 — 50% din cele 8 miliarde de oameni din zilele noastre. Reformulat mai simplu: în 2020, aproape 4 miliarde de oameni nu ar fi în viață fără amoniacul sintetic. Nu există limitări existențiale comparabile aplicabile materialelor plastice sau oțelului, și nici cimentului care intră în compoziția betonului (și, după cum s-a menționat deja, nici siliciului).

Amoniacul este un compus anorganic simplu, alcătuit din un atom de azot și trei de hidrogen (NH_3), ceea ce înseamnă că azotul constituie 82% din masa lui.[9] La presiune atmosferică, este un gaz invizibil cu un miros înțepător caracteristic de toaletă cu apa netrasă sau de gunoi de grajd în descompunere. Inhalat în concentrații scăzute provoacă dureri de cap, greață și vomă; concentrațiile mai mari irită ochii, nasul, gura, gâtul și plămânii; iar inhalarea unor concentrații foarte mari poate fi instantaneu fatală. Prin contrast, amoniul (NH_4^+, ionul de

amoniu), format prin dizolvarea amoniacului în apă, este netoxic și nu penetrează ușor membranele celulare.

Sintetizarea acestei molecule simple a fost surprinzător de dificilă. Istoria invențiilor include cazuri celebre de descoperiri accidentale; în acest capitol despre materiale, povestea Teflonului ar putea fi exemplul cel mai oportun. În 1938, Roy Plunkett, chimist la DuPont, și asistentul său Jack Rebok, au transcris formula tetrafluoroetilenului ca un nou compus refrigerent. După ce l-au depozitat în cilindri refrigerați, ei au constatat că acest compus a suferit o polimerizare neașteptată, transformându-se în politetrafluoroetilen, o pudră albă, ceroasă, alunecoasă. După cel de-al Doilea Război Mondial, teflonul a devenit unul dintre cele mai cunoscute materiale sintetice și probabil singurul care a pătruns în jargonul politic (avem președinți de teflon*****, dar se pare că niciun președinte de bachelită — deși a existat o Doamnă de Fier).[10]

Sinteza amoniacului din elementele componente aparține clasei opuse de descoperiri — cele în care un obiectiv clar definit a fost urmărit de unii dintre cei mai bine calificați oameni de știință și în cele din urmă a fost atins de un cercetător perseverent. Nevoia de această descoperire era evidentă. Între 1850 și 1900, populația totală a țărilor industrializate din Europa și America de Nord a crescut de la 300 la 500 de milioane, iar urbanizarea rapidă a contribuit la tranziția alimentară de la o dietă inadecvată dominată de cereale la aporturi mai mari de energie obținută din alimente, conținând mai multe produse animale și zahăr.[11] Productivitatea a rămas constantă, dar schimbarea alimentară a fost susținută de o expansiune fără precedent a suprafeței agricole. Astfel, între 1850 și 1900, circa 200 milioane de hectare din pășunile nord- și sud-americane, rusești și australiene au fost transformate în terenuri menite cultivării cerealelor.[12]

Știința agronomică în curs de maturizare a afirmat răspicat că singura cale de a asigura hrană adecvată populațiilor mai mari ale secolului XX era să se crească productivitatea prin mărirea proviziilor de azot și fosfor, doi macronutrienți cheie ai plantelor. Extracția fosfaților (mai întâi în Carolina de Nord și apoi în Florida) și tratarea lor cu acizi a deschis calea spre o aprovizionare constantă cu îngrășăminte fosfatice.[13] Dar nu exista nicio sursă de azot comparabil de sigură. Exploatarea de guano (excrementele acumulate ale păsărilor, cu un conținut moderat de azot) de pe insulele tropicale secetoase a epuizat rapid cele mai bogate depuneri, iar creșterea importurilor de nitrați din Chile (țara are straturi extinse de nitrat de sodiu în regiunile sale aride din nord) era insuficientă pentru

a satisface viitoarea cerere globală.[14]

Provocarea era să se asigure că omenirea putea să procure suficient azot pentru a susține populația în expansiune. Nevoia a fost explicată în 1898 în maniera cea mai clară posibil de William Crookes, chimist și fizician, Asociației Britanice pentru Progresul Științei, în discursul său prezidențial dedicat așa-numitei probleme a grâului. El a avertizat că „toate națiunile civilizate se confruntă cu pericolul mortal de a nu avea suficientă mâncare“, dar în același timp vedea o cale de ieșire: știința să aducă salvarea prin valorificarea masei practic nelimitate de azot din atmosferă (unde e prezent ca moleculă nereactivă N2) și transformarea sa în compuși asimilabili de plante. El a conchis corect că această provocare „diferă material de celelalte descoperiri chimice, care sunt în aer, ca să spun așa, dar încă nu s-au maturizat. Fixarea azotului este vitală pentru progresul civilizației. Alte descoperiri contribuie la creșterea confortului nostru intelectual, a luxului sau a comodității; ne fac viața mai ușoară, accelerează atingerea bunăstării sau ne ajută să economisim timp, să ne păstrăm sănătatea sau să scăpăm de griji. Fixarea azotului este o chestiune ce ține de un viitor nu foarte îndepărtat“.[15]

Viziunea lui Crookes s-a materializat la numai 10 ani după discursul său. Mulți chimiști foarte bine pregătiți au încercat să obțină sinteza amoniacului din elementele sale, azot și hidrogen (printre ei numărându-se și Wilhelm Ostwald, care a primit Premiul Nobel pentru Chimie în 1909). Însă în 1908, Fritz Haber — la acea dată profesor de chimie fizică și electrochimie la Technische Hochschule din Karlsruhe — în colaborare cu asistentul său englez, Robert Le Rossignol, și susținuți de BASF, cea mai importantă întreprindere chimică a Germaniei (și a lumii), a fost primul care a reușit.[16] Soluția lui s-a bazat pe utilizarea unui catalizator (compus care crește viteza reacției chimice fără să-i modifice compoziția) pe bază de fier și pe asigurarea unei presiuni fără precedent a reacției.

Nu a fost ușor să se mărească succesul experimental al lui Haber la nivelul de întreprindere comercială. Sub conducerea lui Carl Bosch, expert în inginerie chimică, precum și metalurgică, care se angajase la BASF în 1899, succesul a fost realizat în doar patru ani. Prima fabrică de sinteză a amoniacului din lume a început să funcționeze la Oppau în septembrie 1913, iar denumirea de „proces Haber-Bosch“ a rezistat de atunci.[17]

În decurs de un an, amoniacul produs de fabrica de la Oppau a fost reorientat

spre obținerea de nitrat necesar producției de explozibili pentru armata germană. O fabrică nouă, mult mai mare, de amoniac a fost definitivată în 1917 în Leuna, dar asta nu a reușit să prevină înfrângerea Germaniei. Expansiunea postbelică a sintezei amoniacului a continuat în pofida crizei economice din anii 1930 și mai departe în timpul celui de-al Doilea Război Mondial, dar în 1950 amoniacul era în continuare mai puțin răspândit decât gunoiul de grajd.[18]

Următoarele două decenii au cunoscut o creștere de opt ori a producției de amoniac, la puțin peste 30 de milioane de tone pe an, iar îngrășământul sintetic a înlesnit Revoluția Verde (începută în anii 1960) — adoptarea unor noi varietăți superioare de grâu și orez care, dacă li se asigurau cantități adecvate de azot, produceau recolte fără precedent. Inovațiile-cheie din spatele acestei creșteri au fost utilizarea gazului natural ca sursă de hidrogen și introducerea unor compresoare centrifugale eficiente și a unor catalizatori mai buni.[19]

Apoi, ca în atâtea alte situații ale dezvoltării industriale moderne, China post-maoistă a preluat conducerea. Mao a fost responsabil pentru cea mai mortală foamete din istorie (1958 — 1961), iar la moartea lui în 1976 rezerva de hrană a țării pe cap de locuitor era doar cu puțin mai mare decât în 1949, când proclamase existența statului comunist.[20] Primul contract comercial al Chinei de după vizita președintelui Nixon la Beijing în 1972 a fost o comandă pentru 13 dintre cele mai avansate fabrici de amoniac-uree din lume, de la producătorul M.W. Kellogg din Texas.[21] Până în 1984, a fost abolită raționalizarea alimentelor în orașe, iar în anul 2000 rezerva de hrană medie pe cap de locuitor a Chinei o depășea pe cea a Japoniei.[22] Singura cale de realizare a acestui lucru a fost prin depășirea barierei de azot a țării și creșterea producției anuale de cereale la peste 650 de milioane de tone.

Cea mai bună descriere a fluxurilor de azot în agricultura Chinei arată că aproximativ 60% din nutrienții disponibili pentru culturile agricole ale țării provin din amoniacul sintetic. Astfel, hrănirea a trei din cinci membri ai populației chineze depinde de sinteza acestui compus.[23] Media globală corespunzătoare este de circa 50%. Această dependență justifică ușor de ce sinteza Haber-Bosch a amoniacului este considerată probabil cea mai importantă invenție tehnică din istorie. Alte invenții, după cum corect a apreciat William Crookes, contribuie la creșterea confortului nostru, a comodității, a bogăției, a luxului sau productivității sau ne salvează viețile de o moarte prematură sau de boli cronice — dar fără sinteza amoniacului nu am putea asigura însăși supraviețuirea unei părți considerabile din populația de astăzi și de mâine a

planetei.[24]

Mă grăbesc să adaug că cele 50 de procente de omenire dependente de amoniac nu sunt o aproximare inflexibilă. Date fiind regimurile alimentare și practicile agricole prevalente, azotul sintetic hrănește jumătate din omenire — sau, păstrând toți ceilalți factori egali, jumătate din populația globului nu ar putea fi susținută fără îngrășămintele azotoase sintetice. Dar această parte ar fi mai mică dacă lumea bogată ar adopta o dietă indiană, în mare parte lipsită de carne, și ar fi mai mare dacă întreaga planetă ar mânca așa cum mănâncă astăzi chinezii, ca să nu mai vorbim de adoptarea universală a dietei americane.[25] Am putea de asemenea să ne reducem dependența de îngrășăminte azotoase reducând pierderile alimentare (așa cum am văzut mai sus) și prin utilizarea mai eficientă a îngrășămintelor.

Cam 80% din producția globală de amoniac este folosită pentru fertilizarea culturilor; restul se folosește pentru producerea acidului azotic, explozibililor, carburanților pentru rachete, vopselelor, fibrelor și detergenților pentru ferestre și podele.[26] Cu precauții adecvate și echipamente speciale, amoniacul poate fi aplicat direct pe câmp;[27] dar compusul este folosit în principal ca materie primă indispensabilă în producerea îngrășămintelor azotoase solide și lichide. Ureea, îngrășământul solid cu cel mai mare conținut de azot (46%), domină.[28] De curând, constituie circa 55% din tot azotul aplicat pe terenurile agricole din lume și este pe larg folosită în Asia pentru susținerea recoltelor de orez și de grâu din China și India — țările cu populațiile cele mai numeroase de pe planetă — și pentru a garanta obținerea unor producții satisfăcătoare în alte cinci țări asiatice cu populații de peste 100 de milioane de locuitori.[29]

Printre îngrășămintele azotoase mai puțin importante se numără azotatul de amoniu, sulfatul de amoniu și azotatul de calciu și amoniu, precum și diferite soluții lichide. După aplicarea pe câmp a îngrășămintelor azotoase, este aproape imposibil să se controleze pierderile naturale cauzate de volatilizare (la compușii amoniacului), levigare (nitrații sunt ușor solubili în apă) și denitrificare (convertirea nitraților, sub acțiunea bacteriilor, înapoi în molecule de azot în aer).[30]

În momentul de față, există doar două soluții directe eficiente pentru pierderile de azot de pe câmp. Prima ar fi împrăștierea unor compuși scumpi, cu eliberare lentă; a doua, mai practică, ar consta în trecerea la agricultura de precizie care ar presupune aplicarea de îngrășăminte numai când este necesar, în baza analizelor

de sol.[31] Așa cum s-a menționat deja, măsurile indirecte — printre care creșterea prețului la alimente și un consum redus de carne — ar putea fi eficiente, dar nu foarte populare. Ca urmare, este improbabil ca vreo combinație imaginabilă și realistă a acestor soluții să aducă o schimbare radicală a consumului global de îngrășăminte pe bază de azot. În prezent, circa 150 de megatone de amoniac sunt sintetizate anual, dintre care 80% sunt folosite pentru fertilizarea solului. Aproape 60% din aceste îngrășăminte sunt aplicate în Asia, cam un sfert în Europa și America de Nord și sub 5% în Africa.[32] Cu siguranță, majoritatea țărilor bogate ar putea, și ar trebui, să reducă ratele mari de aplicare ale acestor substanțe (rezerva lor de hrană pe cap de locuitor este deja prea mare), iar China și India — doi utilizatori mari — au la îndemână multe soluții pentru a-și reduce consumul excesiv de fertilizatori.

Însă Africa, deși este continentul cu creșterea demografică cea mai rapidă, rămâne privată de acest nutrient și este un importator substanțial de alimente. Orice speranță privind o mai mare independență alimentară a acestui continent se bazează pe o utilizare sporită a azotului. La urma urmelor, consumul de amoniac din ultima perioadă în Africa a însemnat mai puțin de o treime din media europeană.[33] Cea mai bună (și mai îndelung dorită) soluție pentru a crește aportul de azot ar fi să înzestrăm plantele ne-leguminoase cu capacități de fixare a azotului, o promisiune pe care ingineria genetică n-a onorat-o încă, în vreme ce o variantă mai puțin radicală — inocularea semințelor cu bacterii fixatoare de azot — este o inovație recentă, a cărei răspândire comercială finală rămâne neclară.

Materialele plastice: diverse, utile, problematice

Materialele plastice sunt un grup mare de materiale organice sintetice (sau semisintetice) a căror calitate comună este că se pretează la formare (modelare). Sinteza materialelor plastice începe cu monomerii, molecule simple care pot fi unite în lanțuri sau ramuri lungi pentru a alcătui polimerii. Cei doi monomeri esențiali, etilena și propilena, sunt produși prin cracarea cu aburi (încălzire până la 750 — 950°C) a hidrocarburilor folosite ca materie primă, iar hidrocarburile au de asemenea rolul de a energiza și sintezele ulterioare.[34] Maleabilitatea

materialelor plastice permite formarea acestora prin turnare, presare sau extrudare, obținându-se astfel de la filme subțiri la conducte rezistente de mari dimensiuni și de la sticle ușoare până la containere masive și solide pentru reziduuri.

Producția globală a fost dominată de termoplastice — polimeri care se înmoaie ușor prin încălzire și se întăresc din nou când sunt răciți. Polietilena (PE) de densitate mică și mare reprezintă acum peste 20% din polimerii plastici ai lumii, polipropilena (PP) cam 15%, iar clorura de polivinil (PVC), peste 10%.[35] În schimb, plasticele termorigide (inclusiv poliuretanul, poliimida, melamina și ureea-formaldehidă) nu se înmoaie când sunt încălzite.

Unele materiale termoplastice combină greutatea specifică redusă (sunt ușoare) cu o duritate destul de mare (au durabilitate). Duraluminiul cântărește doar o treime din greutatea oțelului carbon, dar densitatea PVC-ului este sub 20% și a PP-ului sub 12% față de oțel; și în vreme ce rezistența maximă la tracțiune a oțelului pentru construcții este de 400 megapascali, cea a polistirenului este, la 100 megapascali, dublă față de cea a lemnului sau sticlei și doar cu 10% mai mică decât cea a aluminiului.[36]

Această combinație între greutatea redusă și rezistența mare a făcut din termoplastice alegerea preferată pentru aplicații cum ar fi conductele și flanșele de mare capacitate, suprafețele antiderapante și bazinele pentru substanțe chimice. Polimerii termoplastici și-au găsit utilizări de mare amploare în interiorul și exteriorul mașinilor (bare de protecție din PP, panourile de bord și diferite alte piese din PVC, lentilele pentru faruri din policarbonat); termoplasticele ușoare sau ignifuge (policarbonat, amestecurile PVC/acrilic) domină interioarele aeronavelor moderne; iar plasticele armate cu fibre de carbon (materiale compozite) sunt folosite în prezent pentru construirea structurilor mecanice ale aeronavelor.[37]

Primele materiale plastice, îndeosebi celuloidul obținut din azotat de celuloză și camfor (ulterior, extrem de inflamabilul material de bază al industriei cinematografice, înlocuit abia în anii 1950), au fost produse în cantități mici în ultimele trei decenii ale secolului XIX, dar primul material termorigid (turnat la 150 — 160°C) a fost preparat în 1907 de Teo Hendrik Baekeland, un chimist belgian care lucra în New York.[38] Firma pe care a înființat-o în 1910, General Bakelite Company, a fost primul producător industrial al unui material plastic care se turna într-o gamă de piese ce cuprindea de la izolatoare electrice la

discurile rotative negre ale telefoanelor și, în timpul celui de-al Doilea Război Mondial, era folosit pentru componentele unor arme ușoare. Între timp, în 1908, Jacques Brandenberger inventa celofanul.

În perioada interbelică s-a realizat prima sinteză pe scară mare a PVC-ului, care fusese descoperit încă din 1838, dar nu fusese folosit niciodată în afara unui laborator, iar DuPont din SUA, Imperial Chemical Industries (ICI) din Marea Britanie și IG Farben din Germania au finanțat (cu mare succes) cercetările dedicate descoperirii unor noi materiale plastice.[39] Înaintea celui de-al Doilea Război Mondial, cercetările au avut ca rezultat producerea comercială a acetatului de celuloză (folosit acum în textilele absorbante și în șervețelele pentru curățare), neoprenul (cauciuc sintetic), poliesterul (pentru țesături și tapițerii), polimetil metacrilat (cunoscut sub denumirea de plexiglas, sau PMMA, care acum este folosit în cantități și mai mari, ca urmare a dispozitivelor de protecție impuse de pandemia de COVID). Nailonul a fost produs începând cu 1938 (perii periuțelor de dinți și colanții de damă au fost primele produse comerciale; acum se produc din nailon de la plase de pescuit la parașute) și — după cum s-a menționat deja — la fel și teflonul, un material antiaderent omniprezent. Producția convenabilă ca preț a stirenului a început și ea în anii 1930, iar acum materialul este folosit mai ales ca polistiren (PS) în materialele de ambalat și în ceștile și farfuriile de unică folosință.

IG Farben a introdus poliuretanul în 1937 (spumă poliuretanică pentru saltele, material izolator); ICI a folosit presiunea foarte înaltă pentru sintetizarea polietilenei (folosită în ambalare și izolare) și a început să producă metacrilatul de metil (pentru adezivi, acoperiri și vopsele) în 1933. Tereftalatul de polietilenă (PET) — începând din anii 1970 o calamitate pentru planetă sub forma sticlelor pentru băuturi aruncate — a fost patentat în 1941 și produs în masă de la începutul anilor 1950 (infernala sticlă din PET a fost patentată în 1973).[40] Printre cele mai cunoscute adăugiri la această listă de după al Doilea Război Mondial se numără policarbonații (pentru lentile optice, ferestre, coperte rigide), poliimidele (pentru tubulatura medicală), polimerii de cristale lichide (în special pentru dispozitivele electronice) și mărci comerciale celebre ale concernului DuPont, cum ar fi Tyvek ® (1955), Lycra ® (1959) și Kevlar ® (1971).[41] La finele secolului XX, 50 de tipuri diferite de materiale plastice se găseau pe piața globală, iar această nouă diversitate — alături de creșterea cererii pentru compușii cei mai folosiți (PE, PP, PVC și PET) — au condus la o creștere exponențială a cererii.

Producția globală a crescut de la numai circa 20 000 tone în 1925 la 2 milioane de tone până în 1950, 150 milioane de tone în anul 2000 și aproximativ 370 milioane de tone în 2019.[42] Cel mai bun mod de a aprecia ubicuitatea materialelor plastice în viața noastră de zi cu zi este să observăm de câte ori pe zi mâinile noastre ating, ochii noștri văd, corpurile noastre se sprijină și picioarele noastre calcă pe plastic. Frecvența unor astfel de mici evenimente s-ar putea să vă uluiască! În timp ce tastez acest text: tastele laptopului meu și un mouse wireless aflat sub palma mâinii drepte sunt făcute din acrilonitril-butadien-stiren, stau pe un fotoliu rotativ cu tapițerie din poliester, iar rotilele sale din nailon stau pe o carpetă de protecție din policarbonat care acoperă un covor din poliester.

O industrie care a început cu furnizarea de mici componente industriale (prima aplicație a fost un mâner pentru schimbătorul de viteză la un Rolls-Royce în 1916) și diferite articole de uz casnic a extins enorm acele două nișe comerciale inițiale (îndeosebi cu produsele electronice de larg consum, care au adăugat în fiecare an miliarde de noi componente dependente de plastic) și a adăugat aplicații la scară mare de la carcase de automobile la interioare complete de aeronave și conducte cu diametre mari.

Dar materialele plastice și-au găsit roluri indispensabile în domeniul sănătății în general și în tratarea în spital a bolilor infecțioase în particular. Viața modernă începe acum (în saloanele de maternitate) și sfârșește (în unitățile de terapie intensivă) înconjurată de obiecte din plastic.[43] Iar pandemia COVID-19 a dat o lecție celor care nu au înțeles rolul plasticului în îngrijirea sănătății din epoca modernă. Pandemia ne-a învățat asta în moduri adesea drastice, când doctorii și asistentele din America de Nord și Europa au rămas fără echipamente de protecție personală (EPP) — mănuși, măști, apărători, bonete, halate și botine de unică folosință — și când guvernele se întreceau să ofere prețuri mai mari pentru a aduce pe calea aerului cantități limitate (și mult scumpite) de materiale din China, unde producătorii occidentali de EPP, obsedați de reducerea prețurilor, relocaseră majoritatea liniilor lor de producție, creând deficite de aprovizionare periculoase și care puteau fi totuși evitate.[44]

Obiectele de plastic din spitale sunt făcute mai ales din diferite tipuri de PVC: tuburi flexibile (folosite pentru hrănirea pacienților, furnizarea oxigenului și monitorizarea tensiunii arteriale), catetere, containere intravenoase, pungi pentru sânge, ambalaje sterile, diferite tăvi și recipiente, ploști și rame pentru paturi, pături termice și nenumărate ustensile de laborator. PVC-ul este acum componentul principal în peste un sfert din produsele de îngrijire a sănătății, iar

în locuințele moderne este prezent în membranele din ziduri și acoperișuri, ramele ferestrelor, storuri, furtunuri, izolații de cabluri, componente electronice, un sortiment tot mai mare de rechizite de birou și jucării — și în cărțile de credit folosite pentru cumpărarea tuturor celor de mai sus.[45]

În anii din urmă s-au făcut auzite îngrijorări crescânde cu privire la poluarea cu plastic a pământului și, într-o măsură chiar mai mare, a oceanelor, apelor de coastă și a plajelor. Voi reveni la acest aspect în capitolul dedicat mediului înconjurător, dar acest mod iresponsabil de aruncare a plasticului nu constituie un argument împotriva folosirii corespunzătoare a acestor materiale sintetice diverse și de multe ori cu adevărat indispensabile. Mai mult, în ceea ce privește microfibrele, este greșit să se presupună, așa cum fac mulți, că cea mai mare parte a prezenței lor în apele oceanice derivă din uzura textilelor sintetice. Acei polimeri reprezintă acum două treimi din producția mondială de fibre, dar un studiu al apelor marine a arătat că fibrele oceanice sunt în principal (>90%) de origine naturală.[46]

Oțelul: omniprezent și reciclabil

Oțelurile (pluralul descrie mai exact faptul că există peste 3 500 de varietăți) sunt aliaje având drept componentă principală fierul (Fe).[47] Fonta, metalul fierbinte produs de furnale, are de obicei 95 — 97% fier, 1,8 — 4% carbon și 0,5 — 3% siliciu, cu urme din alte câteva elemente.[48] Este fragil, din cauza conținutului ridicat de carbon, are o ductilitate redusă (capacitatea de a fi întins), iar rezistența la tracțiune (rezistența la rupere sub tensiune mecanică) este inferioară bronzului sau alamei. Oțelul preindustrial era obținut în Asia și Europa printr-o varietate de metode artizanale — mereu laborioase și costisitoare — și din acest motiv n-a fost niciodată disponibil utilizării pe scară largă.[49]

Oțelurile moderne sunt obținute din fontă, prin reducerea conținutului ridicat de carbon la 0,08 — 2,1% (procentaje de greutate). Proprietățile fizice ale oțelului le întrec cu ușurință pe cele ale celor mai dure pietre, precum și pe cele ale celorlalte două metale foarte comune. Granitul are o rezistență la compresiune (capacitatea de a suporta sarcini care comprimă materialul) similară, dar rezistența sa la tracțiune este cu un ordin de mărime mai joasă. Coloanele de

granit își susțin încărcăturile la fel de bine ca oțelul, dar grinzile de oțel pot suporta greutăți de 15 — 30 de ori mai mari.[50] Rezistența la tracțiune tipică pentru oțel este cam de șapte ori mai mare decât cea a aluminiului și de aproape patru ori mai mare decât rezistența cuprului; duritatea sa este, respectiv, de patru și de opt ori mai mare; iar în ceea ce privește rezistența la temperaturi ridicate: aluminiul se topește la 660°C, cuprul la 1 085°C, iar oțelul abia la 1 425°C.

Există patru categorii mari de oțeluri.[51] Oțelurile carbon (90% din toate oțelurile de pe piață au 0,3 — 0,95% carbon) sunt pretutindeni, de la poduri la frigidere și de la roți dințate la foarfeci. Oțelurile aliate includ diferite proporții din unul sau mai multe elemente (cele mai des întâlnite fiind manganul, nichelul, siliciul și cromul, dar și aluminiu, molibden, titan și vanadiu), adăugate în scopul îmbunătățirii proprietăților fizice (duritate, durabilitate, ductilitate). Oțelul inoxidabil (10 — 20% crom) a fost produs pentru prima oară abia în 1912 pentru ustensile de bucătărie, iar acum este folosit la scară largă pentru instrumente chirurgicale, motoare, părți componente de mașini și în construcții.[52] Oțelurile pentru scule au o rezistență la tracțiune de 2 — 4 ori mai mare decât cele mai bune oțeluri pentru construcții și sunt folosite pentru tăierea oțelului și a altor metale pentru matrițe (pentru ștanțarea sau extrudarea altor metale sau materiale plastice), precum și pentru tăiere și forjare manuală. Iar toate oțelurile (exceptând unele tipuri inoxidabile) sunt magnetizabile și din acest motiv potrivite pentru fabricarea mașinilor electrice.

Oțelul determină înfățișarea civilizației moderne și îi face posibile funcțiile fundamentale. Este cel mai folosit metal și formează nenumărate componente esențiale, vizibile și invizibile ale lumii de astăzi. Mai mult, aproape toate celelalte produse metalice și nemetalice pe care le folosim au fost extrase, procesate, modelate, finisate și distribuite cu unelte și mașini făcute din oțel și niciunul dintre mijloacele moderne de transport în masă din zilele noastre nu ar putea funcționa în absența oțelului. Oțelul simplu este omniprezent în interiorul și exteriorul locuințelor noastre, în obiecte mici (tacâmuri, cuțite, cratițe, tigăi, ustensile de bucătărie, unelte de grădinărit) și mari (aparate electrocasnice, mașini de tuns iarba, biciclete, automobile).

Înainte ca o clădire mare dintr-un oraș să se înalțe, poți vedea o grămadă masivă de oțel — mașini hidraulice care montează barele de oțel și toarnă betonul armat pentru fundație, iar apoi șantierul este dominat luni în șir de macarale pentru construcții înalte, din oțel. În 1954, clădirea Socony-Mobil din New York a fost primul zgârie-nori îmbrăcat integral în oțel inoxidabil, iar mai recent clădirea

Burj Khalifa din Dubai, înaltă de 828 de metri, folosește panouri tip spandrel din oțel inoxidabil texturat și buloane tubulare verticale din oțel.[53] Oțelul este atât componenta structurală esențială, cât și caracteristica de design a multor poduri în consolă și suspendate:[54] în podul Golden Gate din San Francisco este vopsit constant în oranj;[55] podul Akashi-Kaikyō din Japonia are cea mai mare deschidere centrală între stâlpii de susținere, de aproape 2 kilometri, iar turnurile sale din oțel susțin cabluri din oțel împletit cu diametrul de 1,12 metri.[56]

Străzile orașelor sunt mărginite de stâlpi de iluminat așezați la distanțe regulate, construiți din oțel galvanizat la cald și vopsiți electrostatic pentru a rezista la coroziune; din oțel laminat se fac indicatoarele de semnalizare rutieră de pe marginea drumului și structurile pentru indicatoarele amplasate deasupra drumului; iar tabla ondulată din oțel se folosește pentru parapetele de protecție. Turnuri din oțel susțin cabluri groase din oțel care îi urcă cu telefericul pe schiorii ajunși în josul pantei și îi poartă pe vizitatori în telecabine spre vârfurile înalte. Turnurile radio și TV (piloni ancorați) au depășit multe recorduri de înălțime pentru structuri realizate de mâna omului, iar peisajele moderne conțin repetiții aparent nesfârșite de turnuri de susținere a liniilor de înaltă tensiune. Două adăugiri recente și proeminente sunt turnurile ancorate de înălțimi amețitoare (pentru transmiterea semnalelor de telefonie mobilă) și grupuri de turnuri mari pentru turbinele eoliene, amplasate atât pe țărm, cât și în larg, iar cele mai masive ansambluri de oțel din ocean sunt uriașele platforme petroliere și de gaz natural.[57]

După greutate, oțelul este aproape întotdeauna partea cea mai mare a echipamentelor de transport. Avioanele cu reacție sunt o excepție importantă (domină aliajele de aluminiu și fibrele compozite), iar oțelul reprezintă cam 10% din greutatea avionului, în motoare și trenul de aterizare.[58] Un automobil conține în medie circa 900 de kilograme de oțel.[59] La aproape 100 de milioane de vehicule motorizate produse anual, aceasta se translatează în circa 90 de milioane de tone de metal — cam 60% din această cantitate fiind oțel de înaltă rezistență care face vehiculele cu 26 — 40% mai ușoare decât oțelul convențional.[60] Cu toate că trenurile de mare viteză moderne (corpuri din aluminiu, interioare din plastic) au oțel doar în proporție de 15% (roți, osii, rulmenți și motoare), funcționarea lor necesită linii dedicate care folosesc șine din oțel mai greu decât cel normal.[61]

Calele tancurilor petroliere și de gaze lichefiate și ale navelor transportoare de minereuri, cereale sau ciment sunt făcute prin îndoirea unor table mari din oțel

de mare rezistență la tracțiune pentru aducerea lor la formele dorite, urmată de sudarea acestora. Dar cea mai mare revoluție în transportul naval postbelic a reprezentat-o dezvoltarea navelor container (pentru mai multe detalii, vezi capitolul 4). Încărcătura este transportată în cutii din oțel de dimensiuni standardizate.[62] Aceste cutii din oțel au înălțimea și lățimea de 2,5 metri (lungimea variază) și sunt stivuite în cale și sus, pe punte. Sunt șanse ca tot ceea ce porți să fi fost transportat până la punctul final de desfacere într-un container din oțel care și-a început călătoria într-o fabrică din Asia.

Și cum au fost realizate toate aceste unelte și mașini? În majoritate de către alte mașini și ansambluri făcute în mare parte din oțel și care execută operații de turnare, forjare, laminare, prelucrări mecanice (strung, freză, burghie), îndoire, sudare, ascuțire și tăiere, aceste ultime operații fiind posibile datorită uluitoarelor unelte din oțel care taie oțelurile carbon cu ușurința cu care un cuțit obișnuit taie untul. Iar mașinile care fac mașini sunt în majoritatea lor acționate cu electricitate, a cărei generare (și, prin urmare, întregul univers al electronicelor, calculatoarelor și telecomunicațiilor) este imposibilă fără oțel: boilerele înalte înțesate cu tuburi din oțel și umplute cu apă presurizată; reactoarele nucleare închise în vase presurizate cu pereți groși; aburul care rotește turbine mari, ale căror axe lungi sunt prelucrate din blocuri masive forjate.

Oțelul pe care nu-l vedem, fiind sub pământ, include elementele de susținere fixe și mobile din minele adânci și milioanele de kilometri de conducte exploratorii, de foraj și de producție din puțurile de țiței și gaz natural. Industria de petrol și gaze depinde de asemenea de oțelul îngropat aproape de suprafață (la adâncimi de 1 — 2 metri) în conductele de colectare, transmitere și distribuție. Conductele magistrale folosesc țevi cu diametre de peste 1 metru, în vreme ce liniile de distribuție pentru gaze pot avea diametre de doar 5 centimetri.[63] Rafinăriile de oțel sunt în esență păduri de oțel, cu coloane de distilare înalte, instalații de cracare catalitică, rețele de conducte și vase de stocare. În sfârșit, trebuie să remarc felul în care oțelul salvează vieți în spitale (de la centrifuge și aparatură de diagnosticare la bisturiele din oțel inoxidabil, cârlige chirurgicale și retractoare) și cum, în același timp, ucide: armate și flote cu întregul lor armament nu sunt altceva decât imense depozite de oțel dedicate distrugerii.[64]

Putem asigura stocurile masive de oțel necesare și cât de importantă este producția metalurgică la nivel mondial? Avem rezervele adecvate de minereu de oțel pentru a continua să producem oțel timp de multe generații în viitor? Putem produce cantități suficiente de oțel pentru a construi infrastructurile moderne și

pentru a crește nivelul de trai în țările sărace, în care consumul mediu de oțel pe cap de locuitor este mai mic chiar decât era în țările cu economii bogate în urmă cu un secol? Este producția de oțel favorabilă mediului sau extrem de dăunătoare? Putem produce metalul fără să folosim deloc combustibili fosili?

Răspunsul la a doua întrebare este fără îndoială pozitiv. Fierul este elementul dominant al planetei după masă pentru că este greu (de aproape opt ori mai greu decât apa) și pentru că formează nucleul planetei.[65] Dar se găsește din abundență și în scoarța terestră: doar trei elemente (oxigenul, siliciul și aluminiul) sunt mai răspândite; fierul, în proporție de aproape 7%, este pe locul al patrulea.[66] Producția actuală de minereu de fier — condusă de Australia, Brazilia și China — este de 2,5 miliarde de tone, iar resursele mondiale se ridică la peste 800 de miliarde de tone, conținând aproape 250 de miliarde de tone de metal. Este vorba despre un raport între resurse și producție (R/P) de peste 300 de ani, depășind cu mult orice orizonturi de planificare imaginabile (pentru țiței, raportul R/P este de doar 50 de ani).[67]

Mai mult, oțelul se poate recicla ușor prin topire în cuptoare cu arc electric (CAE) — un container cilindric masiv, termorezistent, construit din plăci de oțel groase (căptușite cu cărămizi refractare din magneziu), cu capac boltit detașabil, răcit cu apă, prin care sunt introduși trei electrozi masivi din carbon. După ce se încarcă deșeurile de oțel, electrozii sunt coborâți și curentul electric care trece prin ei formează un arc electric a cărui temperatură ridicată (1 800°C) topește cu ușurință încărcătura metalică.[68] Totuși, consumul de electricitate este enorm. Chiar și un CAE modern cu randament foarte bun are nevoie de tot atâta electricitate cât un oraș american cu circa 150 000 de locuitori.[69]

Reciclarea vehiculelor este precedată de drenarea tuturor lichidelor, desfacerea tapițeriei și îndepărtarea bateriilor, servomotoarelor, pneurilor, aparatelor de radio și a motoarelor funcționale, precum și a componentelor din plastic, cauciuc, sticlă și aluminiu. Instalațiile de compactare aplatizează apoi carcasele astfel golite. De departe, cea mai dificilă operație de reciclare este dezmembrarea marilor vase transoceanice, care se face în cea mai mare parte pe plajele din Pakistan (Gadani, la nord-vest de Karachi), India (Alang în Gujarat) și Bangladesh (în apropiere de Chittagong). Calele construite din plăci groase de oțel trebuie tăiate cu flacără de gaz și plasmă — o muncă periculoasă și poluantă efectuată prea adesea de oameni care lucrează fără echipament de protecție adecvat.[70]

Economiile bogate reciclează acum aproape în întregime fierul vechi din industria auto, având o rată similar de mare (>90%) pentru reutilizarea grinzilor și plăcilor din oțel structurale, iar Statele Unite au reciclat de curând peste 65% din barele de oțel din betonul armat, o rată similară cu reciclarea cutiilor din oțel pentru băuturi și alimente.[71] Fierul vechi (deșeurile de oțel) a devenit una dintre cele mai valoroase mărfuri de export din lume, în condițiile în care țări cu un istoric îndelungat al producției de oțel și care au acumulat foarte mult fier vechi vând materialul unor producători în plină dezvoltare. UE este cel mai mare exportator, urmată de Japonia, Rusia și Canada, în vreme ce China, India și Turcia sunt cei mai mari cumpărători.[72] Oțelul reciclat constituie aproape 30% din producția anuală totală de metal, cotele parte pe plan național variind între 100% pentru câteva țări mici producătoare de oțel și până la 70% în SUA, aproximativ 40% în UE și mai puțin de 12% în China.[73]

Asta înseamnă că fabricarea primară a oțelului continuă să domine, producând în fiecare an peste dublul cantității de metal care se reciclează — aproape 1,3 miliarde de tone în 2019. Procesul începe în furnale (structuri înalte din fier și oțel, căptușite cu materiale refractare) care produc fontă de furnal lichidă prin topirea minereului de fier, a cocsului și a calcarului.[74] A doua etapă — reducerea conținutului ridicat de carbon al fontei și producerea oțelului — are loc într-un cuptor cu oxigen bazic; adjectivul se referă la proprietățile chimice ale zgurii rezultate). Procesul a fost inventat în anii 1940 și a fost rapid comercializat după 1955.[75] Convertizoarele cu oxigen din zilele noastre sunt vase voluminoase, în formă de pară, cu partea de sus deschisă, prin care se încarcă până la 300 de tone de metal lichid, care apoi este suflat cu oxigen de sus și de jos. Reacția reduce conținutul de carbon al metalului (până la valori de circa 0,04%) în circa 30 de minute. Combinația dintre furnal și convertizorul cu oxigen constituie baza producției moderne integrate de oțel. Ultimii pași includ transferul oțelului lichid în instalațiile de turnare continuă pentru producerea plăcilor și țaglelor (cu secțiuni pătrate sau dreptunghiulare) și a tablelor care în cele din urmă sunt transformate în produsele finite din oțel.

Fabricarea fierului este un proces energointensiv, în care circa 75% din necesarul total este consumat de furnale. Cele mai bune practici actuale au un necesar combinat de numai 17–20 gigajouli pe tona de produs finit; metodele mai puțin eficiente necesită 25–30 GJ/t.[76] În mod evident, costul energetic al oțelului secundar produs în CAE este mult mai mic decât costul producției integrate. Cele mai performante linii de producție din zilele noastre ajung la puțin peste 2 GJ/t. La asta trebuie adăugat costul energetic al laminării metalului (în

majoritate, între 1,5 și 2 GJ/t), astfel încât valorile globale reprezentative pentru costurile energetice generale ar putea fi de circa 25 GJ/t în cazul producției integrate de oțel și de 5 GJ/t pentru oțelul reciclat.[77] În 2019, necesarul energetic pentru producția de oțel la nivel mondial a fost de circa 34 exajouli sau aproximativ 6% din rezerva mondială de energie primară.

Dată fiind dependența industriei de cărbunele cocsificabil și gazele naturale, producția de oțel a avut totodată o contribuție majoră la generarea antropogenă a gazelor cu efect de seră. Asociația Mondială a Oțelului așază rata globală medie la 500 de kilograme pe tonă, industria siderurgică emițând în perioada recentă circa 900 megatone de carbon pe an sau 7–9% din emisiile directe rezultate în urma arderii combustibililor fosili la nivel mondial.[78] Dar oțelul nu este singurul material important responsabil pentru o cotă semnificativă din emisiile de CO2. Astfel, cimentul este mult mai puțin energointensiv, dar întrucât producția globală este de aproape trei ori mai mari decât cea a oțelului, această industrie este responsabilă pentru o cotă parte foarte similară (circa 8%) din carbonul emis.

Betonul: o lume creată din ciment

Cimentul este o componentă indispensabilă a betonului și este produs prin încălzirea (la cel puțin 1 450°C) a calcarului măcinat (o sursă de calciu) laolaltă cu argilă, șisturi bituminoase sau materiale reziduale (surse de siliciu, aluminiu și fier) în niște cuptoare de ardere mari — cilindri metalici lungi (100 — 220 metri) și înclinați.[79] Această sinterizare la temperaturi înalte produce clincher (calcar topit și aluminosilicați) care este măcinat pentru obținerea pudrei fine de ciment.

Betonul e alcătuit în mare parte (65 — 85%) din agregate și apă (15 — 20%).[80] Agregatele mai fine, cum ar fi nisipul, dau un beton mai rezistent, dar au nevoie de mai multă apă în amestec decât agregatele mai grosiere, care folosesc pietriș de diferite dimensiuni. Amestecul este ținut laolaltă de ciment — de regulă, 10 — 15% din masa finală a betonului — a cărui reacție cu apa stabilizează mai întâi amestecul și apoi îl întărește.

Rezultatul este acum cel mai mult întrebuințat material al civilizației moderne, dur, greu și capabil să suporte decenii de utilizare în condiții dificile, mai ales când e armat cu oțel. Betonul simplu este destul de eficient în privința rezistenței la comprimare (iar cele mai bune varietăți moderne sunt de cinci ori mai rezistente decât cele obținute cu două generații în urmă) — dar are o rezistență la tensiune mică.[81] Oțelul pentru construcții (oțel-beton) are o rezistență la întindere de până la 100 de ori mai mare și diferite tipuri de armături (plasă de oțel, bare de oțel, fibre din sticlă sau din oțel, PP) au fost folosite pentru a micșora această diferență uriașă.

Începând din 2007, cea mai mare parte a omenirii a locuit în orașe care au devenit posibile datorită oțelului. Bineînțeles, există o mulțime de alte materiale în clădirile urbane: zgârie-nori care au schelet metalic acoperit cu sticlă sau metal; în America de Nord, casele detașate din suburbii sunt făcute din lemn (stâlpi, placaj, plăci aglomerate din lemn) și plăci de ghips-carton (și adesea învelite cu cărămidă sau piatră); iar cheresteaua artificială este folosită în prezent pentru construirea blocurilor de locuințe cu multe etaje.[82] Dar zgârie-norii și blocurile de locuințe înalte se sprijină pe piloni din beton; betonul nu intră doar în fundații și subsoluri, ci și în mulți dintre pereți și în tavane și este omniprezent în toate tipurile de infrastructură urbană — de la rețelele inginerești (conducte mari, canale pentru cabluri, canalizări, fundații pentru metrouri, tuneluri) la infrastructura de transport la suprafață (trotuare, șosele, poduri, debarcadere, pistele din aeroporturi). Orașele moderne — de la São Paulo și Hong Kong (cu turnurile lor de apartamente multietajate) la Los Angeles și Beijing (cu rețelele lor extinse de autostrăzi) — sunt întrupări ale betonului.

Cimentul roman era un amestec de ghips, var nestins și nisip vulcanic și s-a dovedit a fi un material excelent și durabil pentru construcții mari, inclusiv bolți extinse. Panteonul, intact după aproape două milenii (a fost definitivat în anul 126 e.n.), continuă să aibă o deschidere mai mare decât orice altă construcție realizată din beton nearmat.[83] Dar procesul de preparare a cimentului modern a fost patentat abia în 1824 de către Joseph Aspdin, un cărămidar din Anglia. Mortarul lui hidraulic era obținut prin arderea calcarului și argilei la temperaturi ridicate: calcarul, silicea și alumina prezente în aceste materiale sunt vitrificate sau transformate într-o substanță asemănătoare sticlei, a cărei măcinare produce cimentul Portland.[84] Aspdin a ales acest nume (folosit și astăzi pe scară largă) pentru că, odată durificat și după ce reacționează cu apa, clincherul vitrificat are o culoare asemănătoare calcarului din insula Portland din Marea Mânecii.

Așa cum am menționat deja, noul material se comporta excelent la compresiune, iar cele mai bune tipuri de beton din zilele noastre pot suporta presiuni de peste 100 megapascali, ceea ce ar echivala aproximativ cu greutatea unui mascul de elefant african stând în echilibru pe o monedă.[85] Lucrurile se schimbă însă în privința tensiunii: o forță de tracțiune de doar 2 — 5 megapascali (mai puțin decât ar fi nevoie pentru ruperea pielii umane) poate sparge betonul. Este motivul pentru care adoptarea comercială pe scară largă a betonului în construcții a avut loc numai după ce progresele graduale în armarea cu oțel l-au făcut potrivit pentru părțile supuse la tracțiuni ridicate.

În anii 1860 și 1870, primele patente pentru armare au fost depuse de François Coignet și Joseph Monier din Franța (Monier, grădinar de profesie, a început să folosească plase de oțel ca să-și armeze ghivecele mari), dar adevărata inovație s-a produs în 1884, odată cu barele din oțel pentru armături ale lui Ernest Ransome.[85] Primele proiecte ale cuptoarelor rotative moderne pentru ciment, în care mineralele sunt vitrificate la temperaturi de până la 1 500°C, au apărut în anii 1890 și au făcut posibilă utilizarea betonului ieftin în proiecte de mari proporții. În 1903, clădirea Ingalls de 16 etaje din Cincinnati a devenit primul zgârie-nori din lume construit din beton armat.[87] După numai trei ani, Thomas Edison a căpătat convingerea că betonul trebuie să înlocuiască lemnul în casele detașate din America și a început să proiecteze și să toarne la fața locului case din beton în New Jersey; în 1911, el a încercat să revitalizeze proiectul eșuat oferind și mobilier ieftin din beton, inclusiv seturi complete pentru dormitor și chiar a realizat din beton un fonograf, una dintre invențiile lui favorite.[88]

În același timp, în contrast cu eșecul lui Edison, Robert Maillart, un inginer elvețian, a făcut pionierat într-un domeniu al construcțiilor din beton care se menține puternic și în zilele noastre: poduri din beton armat, începând cu Zuoz (relativ scurt) în 1901 și Tavanasa în 1906. Proiectul lui cel mai cunoscut, îndrăzneața arcadă Salginatobel peste o râpă din Alpi, a fost definitivat în 1930, iar acum este Monument istoric internațional de inginerie civilă.[89] Primele proiecte pentru construcții din beton au fost susținute și de arhitecții Auguste Perret în Franța (apartamente elegante și Theatre des Champs-Élysées) și Frank Lloyd Wright în SUA. Cele mai cunoscute proiecte ale lui Wright din perioada interbelică au fost hotelul Imperial din Tokyo, terminat cu puțin înainte de cutremurul din 1923 care a distrus orașul și a deteriorat noua construcție, și Fallingwater din Pennsylvania, încheiat în 1939. Muzeul Guggenheim din New York a fost ultimul lui proiect celebru din beton, definitivat în 1959.[90]

Rezistența la tracțiune a oțelului-beton a fost îmbunătățită prin turnarea betonului în forme ale căror sârme sau bare erau tensionate cu puțin înainte de turnare (pretensionare, cu ancore terminale care sunt folosite pentru tensionarea oțelului și sunt eliberate după ce betonul și metalul se unesc) sau după turnare (posttensionare, cu tendoanele de oțel blocate în interiorul tecilor protectoare). Primul mare proiect pretensionat, podul Plougastel realizat de Eugène Freyssinet în apropiere de Brest, a fost terminat în 1930.[91] Cu designul ei îndrăzneț, alb, Opera din Sydney (construită între 1959 și 1973) a lui Jørn Utzon este probabil cea mai cunoscută construcție din beton pretensionat din lume.[92] Pretensionarea se folosește în prezent pe scară largă, iar cele mai lungi poduri din beton armat nu traversează râuri sau defileuri, ci sunt mai degrabă viaducte de cale ferată pentru trenurile de mare viteză. Recordul îl deține Marele Pod Danyang — Kunshan din China, lung de 164,8 kilometri (definitivat în 2010), parte a liniei ferate de mare viteză Beijing — Shanghai.[93]

Betonul armat se află acum în interiorul oricărei clădiri mari moderne și al fiecărei infrastructuri de transport, de la danele portuare la inelele segmentate instalate de mașinile moderne de săpare a tunelurilor (sub Canalul Mânecii și sub Alpi). Configurația standard a sistemului de autostrăzi interstatale din SUA constă dintr-un strat de circa 28 de centimetri de beton nearmat deasupra unui strat de două ori mai gros de agregate naturale (pietre, pietriș și nisip) — iar întregul sistem interstatal conține circa 50 de milioane de tone de ciment, 1,5 miliarde de tone metrice de agregate și numai circa 6 milioane de tone de oțel (pentru susținere structurală și podețele tubulare).[94] Pistele de pe aeroporturi (de până la 3,5 kilometri lungime) au fundații din beton armat, cea mai mare adâncime înregistrându-se în zona de aterizare propriu-zisă, ca să reziste la șocurile repetate ale sutelor de mii de aterizări din fiecare an, efectuate de avioane cântărind până la circa 380 de tone (Airbus 380). De exemplu, pentru construirea celei mai lungi piste din Canada (4,27 kilometri, în Calgary) a fost nevoie de peste 85 000 de metri cubi de beton și de 16 000 de tone de oțel-beton.[95]

Dar de departe cele mai masive construcții din beton armat sunt barajele cele mai mari din lume. Epoca acestor megastructuri a început în anii 1930 cu construcția Barajului Hoover de pe râul Colorado și cu Grand Coulee de pe râul Columbia. Uriașul Baraj Hoover, amplasat într-un defileu, a necesitat 3,4 milioane de metri cubi de beton și 20 000 de tone de oțel-beton, de două ori mai multă tablă și țevi din oțel și 8 000 de tone de oțel pentru construcții.[96] Sute de asemenea baraje au fost construite în a doua jumătate a secolului XX, iar cel mai mare baraj din

lume — Sanxia (Trei Defileuri) din China de pe fluviul Yangzi, care generează electricitate din 2011 — a folosit pentru armarea celor aproape 28 de milioane de metri cubi de beton 256 500 de tone de oțel.[97]

Consumul anual de ciment din America a crescut de zece ori între 1900 și 1928, când a ajuns la 30 de milioane de tone, iar boomul postbelic din construcții — inclusiv construirea Sistemului de autostrăzi interstatale și expansiunea aeroporturilor — s-a triplat până la sfârșitul secolului. Vârful a fost atins în 2005, cu 128 milioane de tone, iar valorile recente se situează în jurul valorii de 100 de milioane de tone pe an.[98] Aceasta este acum doar o fracție mică din necesarul anual al celui mai mare consumator de ciment al lumii, China. În 1980, la începutul perioadei de modernizare, aici se produceau mai puțin de 80 de milioane de tone de ciment. În 1985, a depășit SUA, devenind cel mai mare producător al lumii, iar în 2019 producția sa de circa 2,2 miliarde de tone a fost doar puțin peste jumătate din totalul la nivel mondial.[99]

Cea mai uimitoare consecință a acestei creșteri este, probabil, faptul că în doar doi ani — 2018 și 2019 — China a produs tot atât de mult ciment (circa 4,4 miliarde de tone) cât au produs Statele Unite în tot secolul XX (4,56 miliarde de tone). Deloc surprinzător, această țară deține acum cele mai extinse sisteme de autostrăzi, trenuri rapide și aeroporturi, precum și cel mai mare număr de hidrocentrale gigantice și orașe noi cu populații de ordinul milioanelor. O altă statistică uluitoare este dată de faptul că în prezent lumea consumă într-un an mai mult ciment decât în toată prima jumătate a secolului XX. Și (atât din fericire, cât și din nefericire) aceste enorme mase de beton modern nu vor dura la fel de mult ca și cupola casetată a Panteonului.

Betonul obișnuit folosit în construcții nu este un material foarte durabil și este supus multor agresiuni din partea mediului.[100] Suprafețele expuse sunt atacate de umezeală, îngheț, culturi de bacterii și alge (mai ales la tropice), depuneri de acizi și vibrații. Structurile din beton îngropate înregistrează crăpături provocate de presiuni și sunt afectate de compușii reactivi care se preling de deasupra. Alcalinitatea ridicată a betonului (materialul proaspăt turnat are un pH de circa 12,5) constituie o protecție eficientă împotriva corodării oțelului-beton, dar crăpăturile și exfolierea expun metalul la dezintegrare corozivă. Clorurile atacă betonul scufundat în apele marine și betonul de pe drumuri în timpul iernii, acolo unde sarea este folosită pentru topirea gheții.

Între 1990 și 2020, generalizarea folosirii betonului în lumea modernă a făcut să

se toarne aproape 700 de miliarde de tone de material dur, dar care se fărâmițează lent. Durabilitatea construcțiilor din beton variază mult. Deși este imposibil de oferit o valoare medie a longevității sale, multe se vor deteriora grav după numai două sau trei decenii, în vreme ce altele se vor comporta bine și după 60 — 100 de ani. Asta înseamnă că de-a lungul secolului al XXI ne vom confrunta cu probleme fără precedent legate de deteriorarea, înnoirea și îndepărtarea betonului (evident, problema fiind deosebit de acută în China), căci construcțiile vor trebui dărâmate — pentru a fi înlocuite sau distruse — sau abandonate. Construcțiile din beton pot fi demolate lent, oțelul-beton se poate separa și ambele materiale pot fi reciclate. Procesul nu este ieftin, dar e perfect posibil. După mărunțire și sortare, agregatul poate fi încorporat în construcțiile din beton noi, iar oțelul-beton poate fi reciclat.[101] Chiar și acum, betonul de înlocuire și betonul nou sunt necesare peste tot.

În țările bogate, cu o creștere lentă a populației, principala nevoie este să se repare infrastructurile deteriorate. Ultimele evaluări referitoare la situația din SUA acordă numai note proaste și foarte proaste tuturor sectoarelor dominate de beton, digurile, drumurile și aviația primind calificative de D, iar calificativul mediu general este de doar D+.[102] Această apreciere ne dă un indiciu privind situația cu care s-ar putea confrunta China până în 2050 (din perspectiva masei și a costurilor). În schimb, țările cele mai sărace au nevoie de infrastructuri esențiale, iar în multe locuințe din Africa și Asia nevoia fundamentală este să se înlocuiască podelele din pământ bătătorit cu pardoseli betonate, pentru creșterea generală a igienei și pentru a se reduce incidența bolilor parazitare cu aproape 80%.[103]

Odată cu îmbătrânirea populațiilor, migrația către orașe, globalizarea economică și larg răspânditele declinuri regionale, și mai multe structuri din beton vor fi abandonate în toată lumea. Ruinele din beton ale uzinelor de automobile din Detroit, întreprinderile abandonate din vechile regiuni industriale ale Europei și toate acele fabrici și monumente construite de corifeii planificării centralizate ai Uniunii Sovietice în marea câmpie rusă și în Siberia sunt doar primele valuri ale acestei tendințe.[104] Alte relicve din beton comune și proeminente sunt buncărele defensive cu pereți groși cum sunt cele din Normandia și de pe Linia Maginot și silozurile masive din beton care înainte adăposteau rachete nucleare, iar acum zac pustii în Marile Câmpii ale Americii.

Privire generală asupra materialelor: inputuri vechi și noi

În prima jumătate a secolului XXI — cu o creștere demografică mai lentă și cu valori stagnante sau chiar în scădere în multe dintre țările bogate — economiile ar trebui să nu aibă nicio problemă în a satisface cererea pentru oțel, ciment, amoniac și materiale plastice, mai ales în condițiile intensificării reciclării. Dar este improbabil ca până în 2050 toate aceste industrii să elimine dependența de combustibilii fosili și să înceteze să contribuie în mod semnificativ la emisiile de CO2 globale. Acest lucru este cu atât mai improbabil în țările sărace, aflate în curs de modernizare și având necesități enorme în privința infrastructurilor și a consumului, care vor determina creșteri la scară mare a tuturor materialelor de bază.

Replicarea experienței Chinei de după 1990 ar echivala cu o creștere de 15 ori a producției de oțel, de peste 10 ori a producției de ciment, mai mult decât dublarea sintezei de amoniac și o mărire de peste 30 de ori a sintezei materialelor plastice.[105] În mod evident, chiar dacă alte țări în curs de modernizare ar realiza doar jumătate sau măcar un sfert din progresele recente ale Chinei în privința materialelor, aceste țări tot vor vedea o multiplicare a consumului lor actual. Cererea de carbon fosil a fost — și va continua să fie vreme de decenii — prețul pe care-l plătim pentru multitudinea de beneficii aduse de dependența noastră de oțel, ciment, amoniac și materiale plastice. Și, în timp ce continuăm să extindem trecerea la formele de energie regenerabilă, vom avea nevoie de mase mai mari din materialele vechi, precum și de cantități fără precedent din materialele care anterior au fost necesare doar în cantități modeste.[106]

Două exemple proeminente ilustrează această dependență materială în plină derulare. Nicio structură nu este în mod mai evident un simbol al generării de electricitate „verde“ decât marile turbine eoliene — dar aceste enorme acumulări de oțel, ciment și materiale plastice sunt în același timp întrupări ale combustibililor fosili.[107] Au fundații din beton armat, turnurile, nacelele și rotoarele sunt din oțel (cu totul, aproape 200 de tone de oțel pentru fiecare megawatt de capacitate instalată de generare), iar palele lor masive sunt rășini plastice energointensive (și dificil de reciclat) — cam 15 tone pentru o turbină de dimensiuni medii. Toate aceste componente gigantice trebuie aduse la locul

instalării de camioane supradimensionate și ridicate de macarale imense din oțel, iar cutiile de transmisie trebuie lubrifiate în mod repetat cu ulei. Multiplicarea acestor necesități cu milioanele de turbine care ar fi necesare pentru eliminarea electricității generate cu ajutorul combustibililor fosili ne arată cât de amăgitoare sunt orice discuții despre viitoarea dematerializare a economiilor verzi.

Automobilele electrice oferă probabil cel mai bun exemplu al noilor și uriașelor dependențe materiale. O baterie tipică cu litiu care cântărește circa 450 de kilograme conține circa 11 kilograme de litiu, aproape 14 kilograme de cobalt, 27 kilograme de nichel, peste 40 de kilograme de cupru și 50 de kilograme de grafit — precum și circa 181 kilograme de oțel, aluminiu și materiale plastice. Furnizarea acestor materiale pentru un singur vehicul necesită procesarea a aproape 40 de tone de minereu și, dată fiind concentrația scăzută a multor elemente în minereurile care le conțin, este nevoie să se extragă și să se prelucreze aproximativ 225 de tone de materii prime.[108] Și în acest caz, va trebui să multiplicăm asta cu aproape 100 de milioane de unități, care este producția anuală mondială de vehicule cu combustie internă, care ar urma să fie înlocuite de cele cu motoare electrice.

Incertitudinile legate de viitoarele rate de adoptare a vehiculelor electrice sunt mari, dar o evaluare detaliată a nevoilor materiale, bazată pe două scenarii (care presupun că în 2050 fie 25%, fie 50% din flota mondială va fi alcătuită din vehicule electrice), a ajuns la următoarele concluzii: din 2020 până în 2050 cererea de litiu va crește de 18 — 20 de ori, pentru cobalt de 17 — 19 ori, pentru nichel de 28 — 31 ori, iar pentru majoritatea celorlalte materiale se vor aplica factori de 15 — 20 începând din 2020.[109] În mod evident, aceasta va necesita nu numai o creștere considerabilă a extracției și procesării litiului, cobaltului (o mare parte din acesta provine acum din puțurile adânci săpate manual în Congo, unde mâna de lucru reprezentată de copii este folosită pe scară largă) și a nichelului, dar și o căutare extinsă de noi resurse. Iar acestea, la rândul lor, nu pot avea loc fără mari transformări suplimentare ale combustibililor fosili și electricității. Una este să generezi prognoze lent crescătoare pentru deținerea în viitor a vehiculelor electrice și cu totul altceva să creezi aceste noi stocuri de materiale la o masă planetară.

Economiile moderne vor depinde mereu de fluxuri masive de materiale, fie că e vorba de îngrășămintele pe bază de amoniac necesare hrănirii unei populații care continuă să crească la nivel planetar; de plasticele, oțelul și cimentul necesare pentru noile unelte, mașini, structuri și infrastructuri; sau de noile inputuri

necesare pentru producerea celulelor solare, turbinelor eoliene, mașinilor electrice și acumulatoarelor. Iar până când toate energiile folosite în extragerea și procesarea acestor materiale vor proveni din transformările regenerabile, civilizația modernă va continua să depindă în mod fundamental de combustibilii fosili folosiți în producerea acestor materiale indispensabile. Nici inteligența artificială, nici aplicațiile și nici mesageria electronică nu vor schimba acest lucru.

***** Termen inventat pentru a defini un președinte care, aparent, are abilitatea magică de a evita vinovăția — nimic nedorit nu pare a se lipi de el. Prima oară a fost folosit la adresa președintelui Ronald Reagan. (N.t.)

Capitolul 4

Să înțelegem globalizarea

Motoare, microcipuri și dincolo de acestea

Zi de zi, globalizarea se manifestă în nenumărate moduri. Nave încărcate cu multe mii de containere din oțel aduc dispozitive electronice și electrocasnice, ciorapi și pantaloni, unelte de grădinărit și echipament sportiv din Asia în centrele comerciale din Europa și America de Nord, precum și vânzătorilor de îmbrăcăminte și ustensile de bucătărie ieftine din Africa și America Latină. Tancuri petroliere uriașe transportă țiței din Arabia Saudită la rafinăriile din India și Japonia, și gazul natural lichefiat din Texas la bazinele de stocare din Franța și Coreea de Sud. Mineraliere gigantice pline cu minereu de fier pleacă din Brazilia în China și se întorc goale (la fel ca tancurile petroliere) în porturile de origine. Celebrele telefoane iPhone, proiectate de compania americană Apple, sunt asamblate într-o fabrică deținută de Taiwan (Hon Hai Precision, cu denumirea comercială Foxconn) din Shenzhen, în provincia chineză Guangdong, din componente care provin din peste zece de țări, după care telefoanele sunt distribuite în toată lumea într-un proces bine coordonat de inginerie și marketing integrat.[1]

Migrațiile internaționale includ familii din Punjab sau Liban care sosesc în Toronto și Sydney cu curse aeriene programate, migranți care-și riscă viețile în ambarcațiuni gonflabile în încercarea de a ajunge în Lampedusa sau Malta și tineri adulți în căutare de educație superioară peste hotare, în Londra, Paris sau în colegii mici din Iowa și Kansas.[2] Călătoria de plăcere a atins asemenea niveluri, încât în multe cazuri eticheta pre-pandemică de „supraturism“ era doar o descriere moderată a ceea ce se întâmpla în piața San Pietro din Roma, unde bazilica era plină ochi cu turiști înarmați cu suporturi pentru selfie, veniți în excursii organizate de operatorii europeni sau pe plajele din Asia, care s-au degradat atât de mult, încât au trebuit să fie închise pentru vizitatori.[3] Izbucnirea pandemiei de COVID-19 a generat noi crize de supraturism, când sute de persoane în vârstă au rămas blocate pe navele de croazieră în largul coastelor Japoniei și Madagascarului la începutul primăverii lui 2020 — și totuși, înainte de sfârșitul anului, chiar când în toată lumea valuri noi de infectare se răspândeau rapid, principalele companii de turism anunțau noi croaziere pentru 2021 (atât de mare este neastâmpărul civilizației moderne!).

Statisticile privind mișcările monetare subestimează grosolan adevăratele fluxuri (inclusiv cele ilegale considerabile). Comerțul mondial de mărfuri se apropie acum de 20 de bilioane de dolari pe an, iar valoarea anuală a comerțului mondial în servicii comerciale se apropie de 6 bilioane de dolari.[4] Investițiile străine directe s-au dublat între 2000 și 2019, iar acum se apropie de 1,5 bilioane de dolari pe an, în vreme ce până în 2020 schimburile mondiale de valută au totalizat aproape 7 bilioane de dolari pe zi.[5] Iar cifrele care descriu fluxurile mondiale de informații sunt cu multe ordine de mărime mai mari decât aceste transferuri monetare — nu doar în terabyți sau petabyți, ci în exa- (10^{18}) și yotta- (10^{24}) byți de date.[6]

În mod evident, nu putem să înțelegem cum funcționează cu adevărat lumea modernă fără să apreciem evoluția, extinderea și consecințele acestui proces multilateral, care atrage după sine (potrivit cu ceea ce eu cred că este probabil cea mai bună definiție concisă) „interdependența crescândă a economiilor, culturilor și populațiilor lumii, determinată de comerțul transfrontalier de bunuri și servicii, tehnologie și fluxuri de investiții, oameni și informații".[7] Contrar unor convingeri larg răspândite, procesul nu este nou. Mutarea slujbelor în țările cu costuri scăzute ale muncii (arbitrajul muncii) este doar unul dintre factorii determinanți necesari, iar viitoarea sa expansiune și intensificare nu are nimic inevitabil. Probabil că cea mai importantă concepție greșită legată de globalizare este ideea că ar fi un fenomen istoric inevitabil, predeterminat de evoluția economică și socială. Nu e deloc așa: globalizarea nu este, așa cum a afirmat un fost președinte american, „echivalentul economic al unei forțe naturale, ca vântul sau apa"; este doar un alt construct uman, iar acum există un consens tot mai mare potrivit căruia, în unele privințe, a mers deja prea departe și trebuie reajustat.[8]

În acest capitol voi arăta că globalizarea este un proces cu un istoric considerabil (deși, în trecut, fluxurile crescânde de bunuri, investiții și oameni nu erau subsumate acestei etichete), iar recenta atenție acordată fenomenului a escaladat datorită extinderii sale, nu noutății. Graficele utilitarului de la Google, Ngram Viewer, oferă excelente ilustrări ale tendințelor pe termen lung acordate oricăror evoluții notabile. Graficul pentru globalizare constă dintr-o linie orizontală apropiată de zero până la mijlocul anilor 1980, urmată de o creștere bruscă a interesului în următoarele două decenii — o creștere de 40 de ori a frecvenței între 1987 și 2006, când interesul a atins un vârf — urmată de un declin cu 33% până în 2018.

Dacă, într-adevăr, costurile scăzute ar fi singurul motiv pentru situarea noilor fabrici în străinătate — așa cum mulți oameni par să creadă în mod eronat — atunci Africa subsahariană ar fi varianta cea mai evidentă, iar India ar fi aproape întotdeauna preferabilă Chinei. Însă, în al doilea deceniu al secolului XXI, China a avut o medie anuală a investițiilor străine directe de 230 miliarde de dolari, în comparație cu mai puțin de 50 de miliarde de dolari pentru India și de doar circa 40 de miliarde de dolari pentru toată Africa subsahariană (exceptând Africa de Sud).[9] China a oferit o combinație de alți factori de atracție — mai presus de toate, conducerea centralizată a partidului unic, care a putut garanta stabilitate politică și condiții acceptabile pentru investiții; o populație numeroasă, foarte omogenă și instruită; și o uriașă piață internă — care au făcut-o alegerea preferată față de Nigeria, Bangladesh și chiar India, iar asta a avut ca rezultat o remarcabilă complicitate între cel mai mare stat comunist al lumii și o grupare aproape completă a principalelor întreprinderi capitaliste ale planetei.[10]

Globalizarea a fost pusă în legătură, în mod îndreptățit, cu avantajele, beneficiile, distrugerea creativă, modernitatea și progresul pe care le-a adus unui mare număr de națiuni. De departe, China a fost cel mai mare beneficiar al acesteia, întrucât reintegrarea țării în economia mondială a contribuit la reducerea numărului de oameni care trăiau în sărăcie extremă cu 94% între 1980 și 2015.[11] Dar aceste câștiguri și elogii coexistă cu diferite grade de dezaprobare sau chiar de respingere fățișă a procesului, cu o stare de nemulțumire și de mânie generată de pierderea slujbelor bine plătite ca urmare a relocării în străinătate a afacerilor (după anul 2000, pierderile au fost deosebit de semnificative în câteva sectoare ale economiei americane), a reducerii cu orice preț a costurilor în condițiile în care arbitrajul muncii împinge și mai jos remunerațiile, și a creșterii inegalității și a unor noi tipuri de sărăcire.[12]

Deși sunt multe lucruri cu care putem să fim sau să nu fim de acord în aceste reacții sau analize, acest capitol nu va fi nici o reiterare a scenariilor des întâlnite în publicațiile economice ale ultimelor două generații, nici o polemică legată de cât este de dezirabil fenomenul. Scopul meu este să explic modul în care factorii tehnici — mai presus de toate, noile forțe primare (mecanisme, turbine, motoare) și noile mijloace de comunicare și informare (stocare, transmitere și recuperare) — au făcut posibile valurile succesive ale globalizării și apoi să arăt cum aceste progrese tehnice au fost condiționate de condițiile politice și sociale predominante. Ca rezultat, continuarea și intensificarea procesului nu are nimic inevitabil, iar retragerea semnificativă, lungă de decenii, de după 1913 față de globalizare, precum și recentele inversiuni și îngrijorări legate de siguranța

lanțurilor de aprovizionare existente servesc drept aduceri aminte evidente ale acestei realități.

Originile îndepărtate ale globalizării

În forma ei fundamental fizică, globalizarea este, și va rămâne, pur și simplu o mișcare a maselor — de materii prime, de alimente, de produse finite și de oameni — și o transmitere de informații (avertismente, îndrumări, știri, date, idei) și investiții în interiorul continentelor și între acestea, mijlocită de tehnici care fac astfel de transferuri posibile la scară mare și în moduri convenabile și sigure. În mod inevitabil, aceste transferuri presupun transformări energetice și, cu toate că mișcarea maselor și transmiterea informațiilor se poate face și prin utilizarea mușchilor umani și animali (transportul încărcăturilor, trimiterea mesagerilor călare), aceste forțe primare însuflețite au o putere, o rezistență și o arie de acoperire foarte limitate — și, desigur, sunt incapabile să treacă peste oceane.

Corăbiile, care datează încă din Egiptul din urmă cu peste 5 000 de ani, au fost primele convertoare de energie lipsite de viață care au făcut posibile astfel de legături, dar abia motoarele cu abur, ajutate de mijloace de navigație mai bune, au adus lumii schimburile reciproce la scară mare, cu costuri scăzute și sigure — și abia după răspândirea de după 1900 a motoarelor cu combustie internă (pe uscat, pe ocean și în aer) și după adoptarea în 1955 a electronicii stării solide (semiconductorii), acest proces a crescut la niveluri fără precedent. Dar aceste inovații au intensificat globalizarea, nu au lansat-o. Procesul (spre deosebire de proeminența sa de după 1985) nu este un fenomen nou, iar în acest capitol voi urmări atât derularea în timp, cât și amploarea valurilor sale din trecut — și limitele extinderii și intensității acestora.

Procesul a început cu mult timp în urmă, dar primele sale reprize au fost în mod inerent limitate. Comerțul cu obsidian de-a lungul rutelor preistorice din părți ale Lumii Vechi cu peste 6 000 de ani în urmă nu este, așa cum s-a afirmat de curând, un exemplu de globalizare[13] — dar multe legături anterioare „descoperirii“ Americii de către europeni erau relativ intense și cu adevărat intercontinentale. Corăbiile navigau cu regularitate din Berenice, port la Marea

Roșie din Egiptul roman, spre India, la fel cum plecau din Basra. Cassius Dio scria în 116 e.n. că împăratul Traian, în timpul ocupării temporare a Mesopotamiei, stătea pe țărmul Golfului Persic și urmărea plecarea unei corăbii spre India, dorindu-și să fi fost tânăr ca Alexandru, care își condusese oștile spre acea țară îndepărtată.[14] Mătasea chinezească a ajuns, trecând prin Imperiul Part, tocmai până la Roma — așa cum făceau transporturile regulate de grâne și încărcăturile extraordinar de grele ale obeliscurilor antice din Egipt și de animale sălbatice din Mauretania Tingitana (nordul Marocului).[15]

Dar legarea difuză a unor părți din Europa, Asia și Africa era departe de a constitui o anvergură cu adevărat globală. Abia odată cu includerea Lumii Noi (începând din 1492) și prima circumnavigație a Pământului (1519) această definiție a început să fie satisfăcută și după numai un secol schimburile comerciale legau statele europene cu interiorul Asiei, India și Orientul Îndepărtat, precum și cu regiunile de coastă ale Africii și cu ambele Americi — doar Australia fiind lăsată deoparte. Unele dintre aceste legături timpurii au fost pe cât de durabile, pe atât de transformatoare. Compania Indiilor de Est, cu sediul în Londra și care a funcționat între 1600 și 1874, a comercializat o gamă largă de articole — în mare parte către și dinspre subcontinentul indian — de la textile și metale la mirodenii și opiu. Vereenigde Oost-Indische Compagnie (Compania Olandeză a Indiilor de Est) importa mirodenii, textile, pietre prețioase și cafea în special din Asia de Sud-Est; a menținut un monopol neîntrerupt asupra comerțului cu Japonia vreme de două secole (între 1641 și 1858), iar dominația olandeză asupra Indiilor de Est a luat sfârșit abia în 1945.[16]

În același timp, capacitățile tehnice au pus în mod clar limite pe frecvența și intensitatea acestor schimburi incipiente, iar aici voi folosi elementele lor distinctive esențiale — puterea maximă și viteza modurilor de transport individuale, și capacitatea de a comunica pe distanțe lungi din ce în ce mai rapid și mai sigur — pentru a urmări cele patru epoci distincte ale globalizării.

Globalizarea incipientă a conectat în cele din urmă lumea cu ajutorul schimburilor comerciale pe distanțe lungi, dar nu foarte intense, facilitate de corăbiile cu pânze. Motoarele cu abur au făcut ca aceste legături să devină mai comune, mai intense și mult mai previzibile, în vreme ce telegraful a asigurat primul mijloc de comunicație aproape instantanee la nivel mondial. Combinația dintre motoarele Diesel, zborurile cu avionul și comunicațiile radio a ridicat la un nivel superior și a accelerat acești facilitatori ai globalizării. Iar motoarele Diesel mari (în navigație), turbinele (în zboruri), containerele (care au permis

transportul combinat, cu diverse mijloace succesive) și microcipurile (care au permis mijloace de control fără precedent datorită volumului și vitezei de manipulare a informațiilor) au urcat globalizarea pe cea mai înaltă treaptă a evoluției sale.

Globalizarea propulsată de vânt

Încă de la început, limitele globalizării dependente exclusiv de puterea animală sunt stabilite cu ușurință. Mușchii oamenilor și animalelor erau singurele forțe primare pe uscat, limitând greutatea bunurilor care puteau fi transportate de cărăuși (maximum 40–50 de kilograme) sau de caravanele de animale (cai sau cămile, cu poveri de 100 — 150 de kilograme pe fiecare animal) și limitând distanțele parcurse zilnic.[17] Caravanele de pe Drumul Mătăsii (din Tanais de la Marea Neagră via Sarai la Beijing) aveau nevoie de un an pentru a ajunge la destinație, ceea ce implică o viteză medie de circa 25 de kilometri pe zi. Corăbiile din lemn cu pânze plecate în călătorii îndelungate erau departe de a fi numeroase și aveau capacități mici, se deplasau lent, le lipseau mijloace precise de navigație și de multe ori nu reușeau să ajungă la destinație.

Înregistrări scrise detaliate ale transporturilor olandeze în Asia constituie dovezi ale acestor limite.[18] Ele arată că durata medie a unei călătorii până la Batavia (Djakarta din zilele noastre) era de 238 de zile (8 luni) în secolul al XVII-lea, și încă o lună de la Batavia la Dejima, micul avanpost olandez din portul Nagasaki. Iar viteza medie în secolul al XVIII-lea era chiar ceva mai mică, cu o durată a călătoriei de 245 de zile. Dată fiind distanța de 15 000 de mile nautice (27 780 de kilometri) dintre Amsterdam și Batavia, aceasta presupune o viteză medie de 4,7 kilometri pe oră, echivalentul unui mers pe jos destul de lent! Această medie slabă este rezultatul unor viteze nu tocmai rezonabile când se navighează înaintea vântului (vântul bate direct din spatele ambarcațiunii), și alte zile când navele își încetineau deplasarea în zonele de convergență intertropicală sau când direcția vânturilor predominante necesita manevre complicate de navigație — sau rămânerea pe loc în așteptarea schimbării vântului.

În secolele XVII și al XVIII, olandezii au construit doar 1 450 de corăbii noi pentru comerțul cu Asia (în medie, șapte pe an) cu capacități de numai 700 —

1 000 de tone. Erau suficiente pentru a face profit din transportul unor încărcături cu valoare mare, cum ar fi mirodeniile, ceaiul și porțelanurile, dar complet neeconomice pentru orice mărfuri cu volum mare (prețiosul cupru japonez fiind principala excepție). Și în vreme ce navigația spre Batavia era limitată de disponibilitatea corăbiilor și de riscurile legate de călătorie, navigația spre Japonia era restricționată de shogunatul Tokugawa la nu mai mult de 2 — 7 corăbii pe an și la doar o sosire pe an în perioada anilor 1790. Și mulțumită evidențelor detaliate ținute de Compania Olandeză a Indiilor de Est, știm acum numărul oamenilor care s-au urcat la bordul celor peste 4 700 de corăbii plecate din Olanda spre Indiile de Est: aproape un milion de persoane au făcut această călătorie între 1595 și 1795, dar asta înseamnă doar 5 000 pe an și cam 15% dintre ei au murit înainte să ajungă în Ceylon sau Batavia.[19]

Chiar și așa, în cel de-al doilea secol al erei moderne timpurii (1500 — 1800), societățile aflate în fruntea acestui val al globalizării (încă modest, dar crescător) au fost influențate de aceste schimburi reciproce pe distanțe mari.[20] Deloc surprinzător, date fiind nou dobânditele bogății și contactul cu alte continente, viața elitei urbane din timpul Epocii de Aur a Republicii Olandeze (1608 — 1672) oferea poate cele mai bune exemplificări ale acestor beneficii noi. Pentru acești oameni, gama tot mai mare de posesiuni și experiențe era semnul evident al câștigurilor obținute din comerț și din schimburile materiale și culturale și mulți pictori celebri oferă o documentare fascinantă a acestei prosperități incipiente.

Lucrările realizate de Dirck Hals, Gerard ter Borch, Frans van Mieris, Jan Vermeer van Delft și mulți alți maeștri mai puțin valoroși reflectă aceste profituri noi transformate în pardoseli din gresie, ferestre din sticlă, mobilier bine construit, fețe de masă groase și instrumente muzicale.[21] Unii au afirmat că toate acestea n-ar trebui luate în seamă deoarece acest gen de picturi descriau o lume fantezistă care n-a existat niciodată în realitate.[22] Cu siguranță că exagerarea și stilizarea erau prezente, dar, după cum ne lămurește istoricul Jan de Vries, ceea ce el denumește „Noul Lux“ (generat de societatea urbană) a fost real: nu prin strădania spre grandoare și exces, ci demonstrat prin produsele de bună calitate meșteșugărească — de la mobilă la tapițerii, de la faianța de Delft la ustensilele din argint — inclusiv circa 3 milioane de picturi deținute de familiile olandeze în anii 1660.[3]

Și au existat alte dovezi, mai directe, ale acestor schimburi reciproce: prezența africanilor în Amsterdam, popularitatea hărților, afacerea profitabilă de

compilare și publicare a atlaselor, consumul de zahăr și fructe exotice, importul de mirodenii (colonizarea olandeză a Indiilor de Est a început în 1607 prin cucerirea orașului Ternate, cel mai mare producător de cuișoare, urmată la scurt timp de ocuparea Insulelor Banda, unde se cultiva nucșoară), și consumul de ceai și cafea.[24]

Numai că aceste schimburi timpurii au avut un impact economic limitat, pentru că nu ajungeau niciodată dincolo de micile segmente ale populației care profitau de pe urma noilor întreprinderi. Ținuturile rurale au rămas la modurile tradiționale de trai. Aceasta a fost doar o globalizare incipientă, selectivă și limitată, fără vreun efect substanțial la scara națiunii, ca să nu mai pomenim de consecințe cu adevărat globale. De exemplu, economistul Angus Maddison a estimat că în perioada 1698 — 1700 exporturile de mărfuri din Indiile de Est reprezentau doar 1,8% din produsul intern net și că surplusul exporturilor indoneziene însemna doar 1,1% din produsul intern brut al olandezilor — iar după aproape un secol (1778 — 1780), aceste două cote parte continuau să reprezinte doar 1,7%.[25]

Motoarele cu abur și telegraful

Primul salt cantitativ în procesul globalizării s-a produs numai prin combinația dintre o navigație mai sigură, puterea aburilor (rezultând în capacități și viteze de transport mai mari) și telegraf — primul mijloc de comunicații pe distanțe lungi (aproape) instantaneu. Prima a fost navigația, în 1765, odată cu al patrulea ceas marin de mare precizie, construit de John Harrison, un cronometru care a făcut posibilă determinarea cu precizie a longitudinii. Dar saltul în viteze și capacități a trebuit să aștepte până când motoarele cu aburi au înlocuit pânzele în transportul intercontinental, când elicele au făcut ca zbaturile să devină perimate și când navele cu carene din oțel au devenit dominante.[26]

Prima traversare transatlantică propulsată cu aburi a avut loc în 1838, dar corăbiile cu pânză au rămas competitive timp de încă patru decenii. Folosind vântul ca forță primară, costul de transport a unei unități de încărcătură pe unitatea de distanță cu ajutorul unei corăbii era în mare parte independent de lungimea voiajului. În schimb, cu cât mai lung era voiajul unei nave cu abur, cu

atât mai mare era cantitatea de cărbune care trebuia încărcată la bordul navei pentru a alimenta motoarele relativ ineficiente, astfel că rămânea mai puțin spațiu pentru încărcătura utilă. Stațiile de realimentare au redus, fără să elimine, acest dezavantaj.[27]

Coexistența îndelungată a pânzelor și aburilor este bine documentată de tranziția germană. Până în 1873, corăbiile cu pânze au pierdut competiția pe rutele intra-europene, în vreme ce pe rutele intercontinentale au păstrat avantajul până în 1880, dar l-au pierdut la scurt timp după aceea odată cu adoptarea unor motoare mai eficiente.[28]

La început, toate vasele cu abur care traversau Atlanticul erau propulsate cu zbaturi, dar propulsia cu elice a fost introdusă la nivel comercial în anii 1840; iar în 1877 Registrul Naval Lloyd a aprobat oțelul ca material de construcție asigurabil exact într-un moment când noile metode de producție au făcut metalul abundent și ieftin (vezi capitolul 3). Carenele din oțel, elicele și motoarele cu aburi de mari dimensiuni au făcut posibile și sigure viteze de transport de 30 și apoi de 40 km/h, în comparație cu media de 20 km/h pentru cele mai rapide clipere din anii 1850, iar transportul pe distanțe lungi a câștigat totodată noi piețe de desfacere odată cu exporturile de vite vii și — începând din anii 1870 — carne refrigerată (transportată aproape exclusiv de transatlanticele de pasageri) și unt din SUA, Australia și Noua Zeelandă.[29]

Telegraful practic a fost dezvoltat la sfârșitul anilor 1830 și începutul anilor 1840; primul cablu de legătură transatlantic (cu o durată de funcționare scurtă) a fost întins în 1858. Până la sfârșitul secolului, cablurile submarine au conectat între ele toate continentele.[30] Pentru prima oară în istorie, operațiunile comerciale puteau să ia în considerare cunoașterea cererii și prețurilor din diferite părți ale lumii — iar disponibilitatea unei noi forțe primare putea translata aceste informații în schimburi internaționale profitabile. De exemplu, când prețul cărnii de vită din Iowa a scăzut sub cel al cărnii de vină britanice de calitate inferioară și au devenit disponibile noile tehnici de refrigerare, exporturile de carne americană congelată au crescut rapid — la un nivel de peste patru ori mai mare la finele anilor 1870 și începutul anilor 1900.

În timpul acestui val al globalizării propulsat de abur, rolul telefonului — un dispozitiv mult superior telegrafului pentru comunicare interpersonală directă — a rămas limitat.[31] Patentarea sa și prima demonstrație publică din 1876 au fost urmate de o răspândire lentă a serviciului mediat de centrale telefonice manuale.

Numărul deținătorilor de telefoane din SUA a crescut de la sub 50 000 în 1880 la 1,35 milioane până în 1900 (un telefon la fiecare 56 de americani); distanțele pentru apelurile telefonice s-au extins treptat (un apel de la New York la Chicago a putut fi efectuat abia în 1892); primele apeluri transcontinentale la San Francisco (prin mai multe centrale telefonice) au avut loc în 1915; iar o convorbire de trei minute costa circa 20 de dolari, sau peste 500 de dolari la valoarea din 2020. Primul apel telefonic intercontinental — din SUA în UK — a avut loc abia în 1927 și chiar serviciile interne monopolizate au rămas relativ scumpe în cursul următoarelor două generații.[32]

Dar progresele înregistrate în transportul intercontinental, combinate cu ritmul rapid de construire a căilor ferate de după 1840 — în toată Europa și America de Nord, precum și în India, alte regiuni din Asia și America Latină — au creat primul val al globalizării la o scară cu adevărat mare. Volumul total al comerțului mondial s-a cvadruplat între 1870 și 1913; cota parte a comerțului (exporturi și importuri) în produsul economic mondial a crescut de la circa 5% în 1850 la 9% în 1870, și la 14% în 1913; iar potrivit celor mai bune estimări pentru 13 țări (inclusiv Australia, Canada, Franța, Japonia, Mexic și Marea Britanie), cota lor combinată a crescut de la 30% în 1870 la 50% cu puțin înainte de izbucnirea Primului Război Mondial.[33]

De asemenea, marile pacheboturi cu aburi au fost capabile să transporte pasageri la o scară fără precedent. În epoca navigației cu pânze, corăbiile pentru pasageri și mesagerie transportau între 150 și 700 de pasageri la comun; în primul deceniu al secolului XX, un pachebot cu aburi putea transporta peste 2 000 de pasageri.[34] Călătoriile de plăcere, o formă de migrație temporară rezervată anterior claselor privilegiate, au luat avânt în multele lor manifestări cu trenurile și navele propulsate cu abur. Cu Thomas Cook în postura de deschizător de drumuri în 1841, agențiile de voiaj au oferit excursii organizate, iar vacanțele în stațiuni balneoclimaterice și la malul mării au devenit la modă într-o perioadă în care oamenii vizitau Baden-Baden, Karlsbad și Vichy și călătoreau la Trouville de pe coasta franceză a Atlanticului sau la Capri.

Unele dintre aceste voiaje erau transcontinentale. Familiile înstărite din Rusia plecau cu trenul din Moscova și Sankt Petersburg până pe Riviera Franceză. Unii călători erau în căutare de provocări fizice (alpinismul devenise la modă), în vreme ce alții plecau în pelerinaje religioase (mai convenabile ca preț).[35] Iar această nouă mobilitate a avut totodată și o dimensiune politică distinctă, cu exilați care, călătorind cu trenurile și navele — căutau refugiu în țările străine.

Cei mai celebri dintre ei, aproape toți viitorii lideri bolșevici (Lenin, Lev Troțki, Nikolai Buharin, Grigori Zinoviev) și-au petrecut mulți ani peste hotare, în Europa și SUA.[36]

Iar eu cred că este destul de rezonabil să susțin că globalizarea impulsionată de motoarele cu abur a contribuit și la crearea unui gen nou de sensibilitate literară, avându-l ca maestru pe Joseph Conrad (Jozef Korzeniowski). Protagoniștii celor mai cunoscute trei romane ale sale se găsesc departe de casele lor datorită comerțului și călătoriilor în masă caracteristice epocii (Nostromo în America de Sud, Jim în Asia, Marlow în Africa), iar viețile și nenorocirile lor sunt legate de vapoare: Nostromo, în nuvela eponimă, este cunoscut drept Capataz de Cargadores (Docher Șef); viața lui Jim ia o turnură tragică atunci când ajută la transportarea unor pelerini musulmani din Asia la Mecca în romanul Lord Jim; iar transformarea lui Marlow din Inima întunericului nu ar fi putut avea loc fără mărfurile occidentale aduse în bazinul Congo.

Primele motoare diesel, zborurile și radioul

Următorul progres fundamental în materie de forțe primare care au crescut capacitatea transporturilor pe distanțe lungi a fost înlocuirea motoarelor cu abur cu motoarele diesel — mașini cu un randament superior și performanțe fiabile.[37] Două evenimente concurente care au impulsionat și mai mult globalizarea au fost inventarea avioanelor propulsate de motoare cu piston pe benzină și comunicațiile radio. Primele zboruri scurte — efectuate de frații Wright — au avut loc spre sfârșitul anului 1903; sute de avioane de luptă au zburat în Primul Război Mondial; iar prima companie aeriană, KLM din Olanda, a fost înființată în 1921.[38] Primul semnal radio transatlantic a sosit în decembrie 1901; armata franceză a folosit primele transmițătoare portabile pentru comunicațiile sol-aer în 1916; și primele stații de radio comerciale au început să emită la începutul anilor 1920.[39]

Rudolf Diesel a început să proiecteze un motor primar nou, mai eficient, iar în 1897 primul său motor (greu și staționar) a atins un randament de 30%, dublul performanțelor obținute de cele mai bune motoare cu abur.[40] Dar primul motor cu utilizare marină a fost instalat abia în 1912 pe cargobotul danez Christian X.

Navele propulsate cu motorină transportau mult mai puțin combustibil decât navele cu abur ce foloseau cărbunele, dar puteau parcurge distanțe mai lungi fără realimentare deoarece noile motoare erau de aproape două ori mai eficiente — și pentru că, raportat la unitatea de masă, motorina conține de aproape două ori mai multă energie. Un inginer american care a văzut primul vas propulsat cu motorină după călătoria ei inaugurală la New York în 1912 a conchis: „Istoria maritimă este scrisă de apariția motorului Diesel“.[41]

Prin anii 1930, când motoarele Diesel cucereau piața transporturilor, industria aviatică, aflată într-un proces de maturizare rapid, a început să producă primele avioane capabile de zboruri profitabile pe distanțe lungi. În 1936, au apărut primele livrări de Douglas DC-3, un aparat de zbor bimotor capabil să transporte până la 32 de pasageri doar cu o idee mai rapid decât viteza de aterizare a avioanelor cu reacție moderne.[42] Trei ani mai târziu a apărut Boeing 314 Clipper, o aeronavă pentru distanțe lungi care putea parcurge fără realimentare nu mai puțin de 5 633 de kilometri — tot insuficient pentru traversarea Pacificului, dar mai mult decât suficient pentru a ajunge în Honolulu din San Francisco, înainte de a continua traseul spre Midway. Wake, Guam și Manilla pentru a ajunge în Asia.

Clipper putea să asigure tot confortul fizic pentru cei 74 de pasageri — inclusiv o cabină de lux, o sală de mese, o garderobă și scaune care se transformau în paturi de campanie —, dar nu exista nicio modalitate de eliminare a zgomotului și vibrațiilor provocate de motoarele cu piston, iar cea mai înaltă altitudine de croazieră (5,9 kilometri) continua să fie prea joasă pentru a-l ridica deasupra celor mai turbulente straturi atmosferice. Cu trei opriri, a avut nevoie de 15 ore și jumătate ca să ajungă de la New York la Los Angeles, iar prima legătură între Londra și Singapore în 1934 a durat opt zile cu 22 de halte, printre care Atena, Cairo, Bagdad, Basra, Sharjah, Jodhpur, Calcutta și Rangoon.[43] Dar, cu toată durata sa mare, tot a fost o îmbunătățire considerabilă față de cele aproximativ 30 de zile necesare pentru a călători cu vaporul din Southampton prin Canalul de Suez.

Radioul a avut o importanță critică pentru o navigație marină și aeriană mai bună și, în comparație cu telegraful, a fost totodată și un instrument superior pentru răspândirea la nivel de mase a informațiilor instantanee. Comunicațiile radio au fost instalate prima oară pe pacheboturile transatlantice. Astfel, datorită mesajului de S.O.S. trimis de pe Titanic — „CQD Titanic 41,44 N 50,24 W“ — , în 15 aprilie 1912, ora 12:15, 700 de oameni în bărci de salvare au putut fi

salvați de nava Carpathian[44]. Navigația radio a făcut mari progrese în anii 1930, odată cu introducerea stațiilor de direcționare: avioanele aflate pe cursul spre un aeroport auzeau un ton audio continuu; cele care se abăteau de la curs auzeau codul Morse pentru litera N (— •) dacă deviau la stânga cursului și codul pentru litera A (• —) dacă deviau la dreapta față de acesta.[45]

Transmisiunile fără fir nu necesitau cabluri submarine scumpe și puteau acoperi o arie largă, asigurând acces universal (oricine avea un receptor simplu putea să asculte). Deloc surprinzător, adoptarea receptoarelor radio a fost rapidă. Într-un deceniu de la apariția lor, 60% dintre familiile americane le aveau — o rată de achiziție aproape la fel de rapidă ca aceea a televizoarelor alb-negru (care și ele au fost introduse în anii 1920) după al Doilea Război Mondial, și o rată mai mare decât răspândirea ulterioară a televizoarelor color, care în SUA a demarat rapid la începutul anilor 1960.[46]

Motoarele diesel marine și motoarele cu piston pentru aviație au rămas facilitatorii tehnici ai globalizării în cele două decenii dintre războaie, iar răspândirea lor la scară de masă și-a adus contribuția decisivă la rezultatul celui de-al Doilea Război Mondial. Până la încheierea conflictului, Statele Unite au construit aproape 196 000 de avioane, în comparație cu circa 112 000 în Germania și 68 000 în Japonia.[47] În 1945, Statele Unite au apărut ca putere mondială dominantă, iar refacerea economică a Europei Occidentale a fost rapidă. Ajutate de investițiile americane (Planul Marshall din 1948), toate țările din regiune și-au depășit până în 1949 nivelul producției industriale de dinaintea războiului (1934 — 1938, în vreme ce refacerea Japoniei a fost accelerată de contribuția industriilor din acea țară la Războiul din Coreea.[48]

Astfel, s-a pregătit terenul pentru o perioadă de dezvoltare și integrare fără precedent, precum și pentru interacțiuni sociale și culturale extinse. Economiile comuniste, în frunte cu URSS și China, au fost excepțiile notabile. Cu toate că raportau rate impresionante ale creșterii economice, erau în mare măsură autarhice și funcționau cu foarte puțin comerț exterior în afara blocului lor (iar cetățenilor lor le era interzis să călătorească peste hotare).

Motoare diesel mari, turbine, containere și microcipuri

Această perioadă distinctă și intensivă, dar încă departe de a fi universală, a globalizării de după 1950 — care s-a încheiat în 1973 — 1974 cu cele două runde de creșteri ale prețului petrolului impuse de OPEC, urmate de 15 ani de stagnare — a fost facilitată de o combinație a patru aspecte fundamentale ale progresului tehnic. Aici putem aminti adoptarea rapidă a unor motoare diesel mai puternice și mai eficiente; introducerea (și chiar răspândirea rapidă) a unei noi forțe primare, turbina de gaz folosită în propulsia avioanelor cu reacție, proiecte superioare pentru transportul naval intercontinental (transportoare cu volum foarte mare pentru lichide și solide, precum și containerizarea celorlalte mărfuri); și salturile considerabile în domeniul computerelor și al prelucrării informațiilor.

Aceste progrese au luat avânt odată cu primele computere electronice — care foloseau tuburi de vid nesigure și voluminoase și au fost construite în timpul și imediat după cel de-al Doilea Război Mondial —, iar progresul lor a fost revoluționat de patentarea (1947 — 1949) și comercializarea (începând din 1954) primelor tranzistoare, dispozitive care rămân fundamentul electronicii stării solide din perioada modernă. Următorul pas (sfârșitul anilor 1950 — începutul anilor 1960) l-a reprezentat plasarea unui număr din ce în ce mai mare de tranzistori pe un microcip pentru crearea circuitelor integrate, iar în 1971, compania Intel a lansat primul microprocesor din lume, denumit 4004. Acesta conținea 2 300 de tranzistori, formând o unitate centrală completă de procesare pentru utilizare generală, fiind potrivită pentru numeroase aplicații programabile.

Și, în pofida percepției recente privind natura transformatoare a capacităților tehnice utilizate de la începutul secolului XXI (în special progresele în domeniile inteligenței artificiale și biologiei sintetice), lumea noastră rămâne în continuare îndatorată realizărilor esențiale de dinainte de 1973. Mai mult, întrucât nu există alternative disponibile imediat care să poată fi întrebuințate pentru aceleași sarcini la scări la fel de mari, vom continua să ne bazăm pe aceste tehnici — fie că e vorba de motoare diesel gigantice pentru transporturile oceanice, navele-container și avioanele cu reacție cu capacitate mare, sau de microprocesoare — și în deceniile care urmează. Și totodată acesta este motivul pentru care aceste tehnici merită să fie examinate mai îndeaproape.

Scara expansiunii economice globale între 1950 și 1973 este ilustrată cel mai bine prin creșterile înregistrate în producerea celor patru piloni materiali ai

civilizației moderne (pentru evaluarea acestora, vezi capitolul 3) și de cererea de energie tot mai mare pe plan mondial (vezi capitolul 1).[49] Producția de oțel aproape s-a cvadruplat (de la circa 190 la 698 megatone pe an), producția de ciment a crescut de aproape șase ori (de la 133 la 770 megatone), sinteza amoniacului a sporit de aproape opt ori (de la mai puțin de 5 la 37 megatone de azot) iar producția de plastic a fost de peste 26 de ori mai mare (de la mai puțin de 2 megatone la 45). Producția de energie primară aproape s-a triplat, iar consumul de țiței a crescut de aproape șase ori, în condițiile în care lumea a devenit tot mai dependentă de petrolul din Orientul Mijlociu. Prin urmare, nu există niciun dubiu cu privire la care tehnică a jucat rolul cel mai important în facilitarea transportului la scară de masă în economia globală: fără motoarele diesel, comerțul intercontinental de mărfuri angro — de le cereale la țiței — ar fi fost doar o fracție mică din transporturile recente.

După cel de-al Doilea Război Mondial, tancurile petroliere au fost primele vase a căror capacitate a sporit când creșterea economică rapidă a Europei Occidentale și Japoniei a coincis cu disponibilitatea nou-descoperitelor câmpuri petroliere gigantice din Orientul Mijlociu (Ghawar, din Arabia Saudită, cel mai mare din lume, a fost descoperit în 1948 și a început să producă în 1951), iar exporturile acestui combustibil ieftin (până în 1971 s-a vândut cu mai puțin de 2 dolari pe baril) necesitau vase cu capacitate de transport tot mai mare. De regulă, înainte de 1950, tancurile petroliere aveau o capacitate de numai 16 000 de tone deadweight (în principal, încărcătura navei, dar și combustibilul, balastul, proviziile și echipajul). Primul petrolier de peste 50 000 de tone deadweight a fost lansat în 1956, iar prin anii 1960 șantierele navale din Japonia au început să lanseze la apă transportoare foarte mari de țiței (VLCC******) cu capacități cuprinse între 180 000 și 320 000 de tone deadweight. Dincolo de aceasta, au apărut transportoarele ultra-mari de țiței (ULCC*******) și, în anii 1970, au fost lansate șapte nave de peste 500 000 de tone deadweight, prea mari pentru a permite rute flexibile, deoarece puteau să acosteze doar în porturile cele mai adânci.[50] Această flotă tot mai numeroasă a făcut posibil să se crească transporturile de petrol din Orientul Mijlociu de la mai puțin de 50 de megatone în 1950 la 850 megatone până în 1972.[51]

Chiar în perioada în care exporturile de țiței creșteau vertiginos la sfârșitul anilor 1950 și începutul anilor 1960, nu exista nicio modalitate de transport pentru gazul natural, un combustibil mai curat decât cărbunele sau combustibilii rafinați din petrol și totodată foarte potrivit atât pentru utilizări industriale și casnice, dar și pentru generarea extrem de eficientă a electricității.

Transporturile intercontinentale de gaz natural au devenit posibile odată cu apariția primelor tancuri de gaz natural lichefiat (LNG********) (care transportau combustibilul în containere izolate la temperatura de —162°C), care au adus exporturi din Algeria în Marea Britanie începând din 1964 și din Alaska în Japonia în 1969.[52] Dar, vreme de decenii, navele erau de capacitate scăzută și piața era limitată la contracte pe termen lung, cu un număr mic de cumpărători.

Comerțul intercontinental în creștere necesita noi modalități de transport specializat. Navele de transport angro, cu compartimente mari și trape masive de etanșeizare la apă au fost proiectate pentru transporturile de cărbune, cereale, minereuri, ciment și îngrășăminte și puteau fi încărcate și descărcate rapid. Dar cea mai mare inovație în transportul naval a apărut în 1957, când un camionagiu din Carolina de Nord, Malcolm McLean, și-a pus în sfârșit în practică ideea pe care o avusese înainte de al Doilea Război Mondial — să transporte marfa în cutii din oțel de dimensiuni uniforme, pe care macaralele uriașe din porturi le puteau încărca ușor, după care le descărcau direct pe platformele camioanelor sau trenurilor în așteptare sau le depozitau temporar pentru distribuire ulterioară — în realitate comercială.

În octombrie 1957, Gateway City, un cargobot a cărui cală a fost împărțită în compartimente celulare pentru depozitarea a 226 de containere stivuite, a devenit prima navă-container adevărată din lume, iar compania Sea-Land a lui McLean a început un serviciu regulat de expediere a containerelor în Europa (Newark-Rotterdam) în aprilie 1966 și în Japonia în 1968.[53] Noi nave erau de asemenea necesare pentru extinderea exporturilor intercontinentale de automobile. Piața americană s-a deschis mai întâi pentru „broscuța“ Vokswagen (prima mașină importată deja în 1949) și apoi pentru mașinile japoneze de capacitate mică (Toyopet începând din 1958, Honda N600 din 1969 și Honda Civic din 1973), iar noile nave pentru containere cu rotile (majoritatea cu rampe de încărcare retractabile încorporate) au fost proiectate pentru satisfacerea acestor nevoi. După ani de adopție lentă, vânzările companiei VW au atins în 1970 un vârf de 570 000 de unități, iar mașinile japoneze au continuat să câștige cote parte din piața americană în cursul deceniilor următoare.[54]

Din fericire, nu au fost probleme legate de satisfacerea nevoilor de propulsie ale acestor noi nave de capacitate mare. Dimensiunile de dinaintea celui de-al Doilea Război Mondial ale celor mai mari motoare diesel au crescut de peste două ori până la sfârșitul anilor 1950 — la peste 10 megawați — în vreme ce randamentele lor se apropiau de 50%.[55] În consecință, puterea maximă a acestor

motoare masive multicilindrice a crescut până la 35 de megawați spre sfârșitul anilor 1960 și la peste 40 de megawați până în 1973. Orice motor diesel cu capacitate nominală de peste 30 de megawați poate propulsa cele mai mari ULCC-uri, astfel că dimensiunile acestor nave n-au fost niciodată limitate de disponibilitatea unor motoare adecvate.

Încercarea de realizare a unei turbine de gaz practice, o forță primară radical nouă, în care combustibilul este pulverizat într-un flux de aer comprimat cu scopul de a genera un gaz de temperatură ridicate care își mărește volumul și iese din motor cu viteză ridicată a avut drept rezultat prima turbină staționară (pentru generarea de electricitate) în 1938, exact în momentul în care apăreau primele proiecte practice de motoare cu reacție — independent și aproape în același timp — în Anglia și Germania de dinaintea războiului.[56] Frank Whittle și Hans von Ohain au fost primii ingineri care au testat turbine care să fie îndeajuns de eficiente și de sigure pentru a propulsa avioanele militare. Astfel de aparate de zbor cu reacție au fost folosite în număr mic spre sfârșitul anului 1944, prea târziu pentru a avea vreun efect asupra cursului predeterminat al războiului, dar după ce acesta s-a încheiat, industria britanică și-a valorificat avantajul și în 1949 Comet a devenit primul avion de linie comercial din lume, propulsat de patru motoare turboreactoare Havilland Ghost.[57]

Din nefericire, până în 1954, un șir de accidente fatale (fără nicio legătură cu motoarele) au forțat retragerea avionului din funcțiune, iar când un aparat Comet reproiectat a revenit în 1958, a fost rapid eclipsat de Boeing 707, primul proiect dintr-o familie de avioane de linie care continua să se extindă.[58] Al doilea din serie a fost trimotorul Boeing 727, iar în 1967 a apărut Boeing 737, cel mai mic aparat din serie. În 1966, William Allen, președintele companiei, a luat o decizie îndrăzneață, investind mai mult decât dublul valorii companiei, pariind în esență, viitorul acesteia pe succesul proiectului — pentru a dezvolta primul avion de linie cu fuzelaj larg (așa-numitul jumbo jet).

Lumea se aștepta ca avioanele cu reacție supersonice să cucerească rutele intercontinentale — dezvoltarea proiectului franco-britanic Concorde a început în 1964 — dar zborurile supersonice au rămas limitate costisitorului și zgomotosului Concorde, astfel că Boeing 747 a devenit cel mai revoluționar proiect de avion din istorie.[59] De fapt, avionul a fost conceput pentru transportul de mărfuri: carena sa lată permitea ca două containere standard să fie așezate unul lângă celălalt, iar cockpitul amplasat în partea de sus făcea posibilă rabatarea botului pentru încărcare frontală. Prototipul a decolat la mai puțin de

trei ani după prima comandă a companiei aeriene Pan Am pentru 25 de aparate 747, iar primul zbor comercial a plecat din New York cu destinația Londra pe 21 ianuarie 1970.

Dimensiunile avionului (o greutate maximă la decolare de 333 tone) au fost făcute posibile prin folosirea a patru motoare turboventilatoare Pratt & Whitney.[60] Spre deosebire de motoarele turboreactoare, la care tot aerul comprimat trece prin camera de combustie, la turboventilatoare mase mai mari de aer mai puțin comprimat și, prin urmare, cu o deplasare mai lentă, trec pe lângă arzător și contribuie la generarea unui impuls mai mare în timpul decolării (și cu mai puțin zgomot). Motoarele de pe aparatele 707 aveau o rată de bypass de 1:1, iar pe 747 rata era de 4,8:1, cantitatea de aer care trece prin turbină fiind de aproape cinci ori mai mare.

Livrările totale de aparate 747 au însumat 1 548 de avioane în jumătate de secol de producție, iar Boeing estimează că în cele cinci decenii avioanele au transportat 5,9 miliarde de oameni, echivalentul a circa 75% din populația mondială.[61] Designul revoluționar al avionului a schimbat călătoriile intercontinentale, avioanele cu fuzelaj larg transportând sute de milioane de pasageri spre un număr tot mai mare de destinații, cu costuri din ce în ce mai mici și în condiții de siguranță crescută.

Integrarea economiei globale a fost strâns legată de apariția avioanelor de linie cu fuzelaj larg — respectiv aparatele Boeing 747 și emulatoarele lor de mai târziu, avioanele Airbus A340 și A380. Serviciile oferite de acestea au fost deosebit de importante pentru exportatorii asiatici, care le folosesc pentru livrarea imediată a multor articole foarte căutate sau de sezon (ultimele mărci de telefoane mobile, cadourile de Crăciun) pe piețele din America de Nord și Europa. Iar avioanele cu fuzelaj larg au înlesnit turismul de masă spre destinații rar vizitate anterior (în Bali, Tenerife, Nairobi și Tahiti s-au construit piste suficient de lungi pentru avioanele 747), imigrările intercontinentale și schimburile educaționale.

Bineînțeles, progresele la nivelul globalizării au fost strâns legate nu doar de creșterea capacității și a performanțelor acestor forțe primare puternice, ci și de necontenita miniaturizare a componentelor necesare tehnologiei IT, procesării informațiilor și comunicațiilor. Dezvoltarea radioului și mai târziu a televiziunii, precum și primele computere electronice, depindea de utilizarea unei varietăți de tuburi vidate, începând cu diodele și triodele din primul deceniu al secolului XX.

Patru decenii mai târziu, aceste ansambluri de sticlă fierbinte au devenit un factor limitator pentru dezvoltarea calculatoarelor electronice.

ENIAC, primul computer digital electronic de uz general, avea 17 648 de tuburi vidate, un volum de circa 80 de metri cubi (suprafața ocupată de aproximativ două terenuri de badminton), împreună cu sursa de alimentare și sistemul de răcire cântărea cam 30 de tone, iar întreruperile frecvente din funcționare erau cauzate de defectările repetate ale tuburilor, care necesitau operații aproape neîncetate de întreținere și înlocuire.[62] Primele tranzistoare practice — dispozitive de stare solidă care efectuau aceleași funcții ca și dispozitivele încapsulate în sticlă — au devenit disponibile comercial la începutul anilor 1950, iar înainte de sfârșitul deceniului, ideile mai multor inventatori americani (Robert Noyce, Jack Kilby, Jean Hoerni, Kurt Lehovec și Mohamed Atalla) au condus la producerea primelor circuite integrate, cu componente active (tranzistori) și pasive (condensatoare și rezistențe) construite și interconectate pe un strat subțire de siliciu (un material semiconductor). Aceste circuite pot efectua orice funcții de calcul specificate, iar primele lor utilizări practice au fost în construirea rachetelor și explorarea spațială.[63]

Următorul pas esențial l-a făcut Intel în 1969, când a început să proiecteze primul microprocesor din lume, care includea peste 2 000 de tranzistori pe o singură plăcuță de siliciu, cu scopul de a efectua un set complet de funcții prescrise. În cazul modelului de pionierat de la Intel, 4044, acesta urma să asigure funcționarea unui mic calculator electronic japonez.[64] Modelul 4044 a stat la baza dominației de decenii a companiei Intel în proiectarea microcipurilor, care a determinat apariția primelor computere personale (computerele tip desktop, relative scumpe, lente și grele de la sfârșitul anilor 1970 și începutul anilor 1980) și a aparaturii electronice portabile, de la telefoanele mobile (primele modele scumpe de la finele anilor 1980) la laptopuri, tablete și telefoane inteligente.

Perioada dintre 1950 și 1973 a fost marcată de o creștere economică rapidă în aproape toate părțile lumii: rata medie anuală a acesteia și creșterea pe cap de locuitor au fost de aproape 2,5 ori mai mari decât fuseseră în timpul valului precedent al globalizării (1850 — 1913), iar valoarea mărfurilor exportate în produsul economic mondial a crescut de la un minimum situat cu puțin peste 4% în 1945 la 9,6% în 1950 și la circa 14% în 1974, egalând cota parte din 1913, dar la un volum comercial de aproape zece ori mai mare.[65] Creșterea economică a fost aproape universală (Marea Foamete din China anilor 1958 — 1961 a fost

excepția cea mai semnificativă), dar beneficiile acestei epoci de aur a expansiunii economice — revenirea postbelică, în care ratele mari ale creșterii au contribuit la diminuarea inegalității economice — au fost concentrate în mod disproporționat în Vest. În anul 1973, America de Nord și țările Europei Occidentale dețineau 60% din exporturile la nivel mondial.[66] Pe măsură ce principalele economii vest-europene (Germania, Marea Britanie, Franța) și Japonia deveneau comercianții cei mai dinamici ai epocii, în mod inevitabil cota parte a Americii din comerțul mondial s-a erodat treptat.

În vreme ce comerțul se extindea și consumatorii din țările vestice se bucurau de acces mai însemnat la o mai mare varietate de importuri, turismul internațional — fie de business, fie de plăcere — a rămas relativ limitat, la fel ca migrația internațională și numărul de oameni care studiau sau munceau temporar peste hotare. Germanii nu zburau spre Thailanda sau Hawaii; se duceau cu mașinile la plajele italiene. Proporția de imigranți din populația SUA, care a atinsese un vârf de aproape 15% chiar înainte de Primul Război Mondial, a atins un nou minimum de sub 5% în 1970.[67] Iar sugestia potrivit căreia China, izolată de restul lumii ca urmare a convulsiilor de sorginte maoistă, va trimite mase de studenți la universitățile americane trebuie să fi fost văzută ca nimic altceva decât o ficțiune improbabilă.

Și deodată (din motivele explicate în primul capitol, în care am vorbit despre dependența civilizației moderne de țiței) a părut că perioada postbelică de globalizare limitată dar intensă s-a încheiat. Influențate de OPEC, creșterile de preț ale țițeiului au făcut ca globalizarea să se clatine, să se diminueze și să dea înapoi, dar această retragere nu a afectat toate sectoarele economice — și în doar câțiva ani, o combinație de ajustări eficiente au pus bazele unei noi runde a globalizării care, datorită noilor alinieri politice, a progresat mai mult decât în oricare dintre valurile anterioare.

Intră în scenă China, Rusia și India

De data aceasta, expansiunea — facilitată, ca întotdeauna, de factori tehnici — a ajuns atât de departe deoarece, pentru prima oară în istoria modernă, a putut să meargă atât de departe. Spre sfârșitul anilor 1960, posibilitățile tehnice erau

pregătite pentru o integrare globală fără precedent: rezervele de energie erau abundente, banii pentru investiții nu lipseau, ca de altfel tot ceea ce era necesar pentru a extinde procesul de globalizare la națiunile care nu au luat parte la prima rundă postbelică. Acest lucru a început, în sfârșit, când mijloacele tehnice și financiare au fost amplificate în mod decisiv și potențate de schimbări politice fundamentale, pe măsură ce China, Rusia și India au devenit participanți importanți pe plan mondial la dezvoltarea comerțului, a finanțelor, a călătoriilor și a fluxului de talente.

Deschiderea graduală a Chinei a început în 1972 cu vizita la Beijing a lui Richard Nixon, a luat o turnură decisivă la sfârșitul lui 1978 (la doi ani după moartea lui Mao Zedong), odată cu ascensiunea lui Deng Xiaoping și lansarea mult întârziatelor reforme economice (privatizarea de facto a agriculturii, modernizarea industriei și revenirea parțială la întreprinderea privată) și s-a accelerat după ce China s-a alăturat Organizației Mondiale a Comerțului (WTO********) în 2001. În 1972, comerțul Chinei cu SUA era inexistent; 1984 a fost ultimul an în care SUA au avut un surplus în comerțul de mărfuri cu Beijingul; în 2009, China a devenit cel mai mare exportator de mărfuri din lume; iar în 2018 exporturile sale reprezentau peste 12% din toate vânzările la nivel mondial, iar excedentul comercial în comerțul cu SUA a atins aproape 420 de miliarde de dolari, înainte de a scădea cu circa 18% în 2019, ca urmare a tensiunilor crescânde dintre cele două superputeri economice.[68] Dar este prea devreme să prognozăm vreo descreștere pe termen lung a comerțului sau o revenire la o integrare economică și mai strânsă.

După deceniile Războiului Rece, URSS a început să se destrame spre sfârșitul anilor 1980. Mai întâi s-au desprins statele ei satelit (căderea Zidului Berlinului pe 9 noiembrie 1989), iar statul sovietic s-a dizolvat oficial pe 26 decembrie 1991.[69] Pentru prima oară în istorie, a devenit posibil ca toate economiile importante să devină deschise (în grade încă diferite, dar în aproape toate cazurile fără precedent) față de investițiile străine, intensificând comerțul internațional, iar populațiile cărora până atunci li se interzisese să călătorească liber peste hotare s-au alăturat turismului de masă și au profitat de noile oportunități pentru a emigra, a lucra temporar și a studia în străinătate. Expansiunea comerțului a avut loc în cadrul global convenit, furnizat de WTO.[70]

India, cu politica ei electorală și multietnică dezordonată, nu a reușit să copieze ascensiunea Chinei de după 1990, impulsionată de conducerea necontestată a partidului unic, dar statistica privind creșterea PIB-ului pe cap de locuitor în

primele două decenii ale secolului al XXI-lea arată o îndepărtare clară față de deceniile precedente de performanțe slabe. Între 1970 și 1990, PIB-ul pe cap de locuitor al țării (în bani ajustați la inflație) a scăzut de fapt în șase ani separați și a rămas sub 4% timp de patru ani, în vreme ce între 2000 și 2019 s-a înregistrat o creștere anuală de peste 4% în 18 dintre acești ani.[71] Mai mult, începând din 2008, creșterea anuală a exportului de mărfuri a fost, la 5,3%, doar cu puțin sub cele 5,7 procente ale Chinei, iar impactul inginerilor de software ai Indiei în Silicon Valley (unde a fost cel mai important contingent de imigranți specializați din industrie) a fost cu mult deasupra contribuțiilor chinezilor.[72]

Ascensiunea Indiei a coincis cu marginalizarea Partidului Congresului, care a condus țara vreme de decenii după ce și-a dobândit independența în 1947, în vreme ce atât Rusia, cât și China au păstrat multe atribute ale economiei centralizate și controlului social. Spre deosebire de noua Rusie naționalistă, Partidul Comunist rămâne ferm la conducere în China, dar ambele țări au permis (cu excepții notabile de represiune) libertatea de a călători, ceea ce a condus la noi valuri de turiști — destinațiile preferate fiind țările mediteraneene pentru ruși; Thailanda, Japonia și Europa pentru chinezi — și s-a produs un aflux fără precedent de studenți chinezi, indieni și sud-coreeni în Vest, mai ales în SUA.

Cota parte a comerțului internațional din produsul economic mondial a crescut de la circa 30% în 1973 la aproape 61% în 2008, în vreme ce volumul total al comerțului (în bani ajustați la inflație) a crescut de aproape șase ori, cea mai mare parte a creșterii având loc începând cu 1999.[73]

Criza financiară din 2008 — 2009 a redus volumul total cu o zecime și cota parte a comerțului din produsul economic cu circa 15% în 2009, dar până în 2018 comerțul general a fost cu 35% peste vârful din 2008 și cota parte a comerțului din produsul economic mondial a revenit la peste 59% — iar cifrele s-au schimbat puțin în 2019. Investițiile străine directe (măsurate ca ieșiri nete pe an) sunt un alt marker evident al globalizării. În 1973, totalul la nivel mondial a fost de mai puțin de 30 de miliarde de dolari (circa 0,7% din produsul economic global); două decenii mai târziu a crescut la 256 de miliarde de dolari; dar până în 2007 a crescut amețitor la 3,12 bilioane de dolari (aproape 5,5% din produsul economic global), o creștere de 12 ori în doar 14 ani, cu Asia (și în special China) ca principală destinație.[74]

O echipă din Rusia a măsurat progresul globalizării de după anul 2000 prin combinarea tuturor markerilor esențiali — mai exact, analizând schimbările din

comerțul de mărfuri, comerțul de servicii și acțiunile acumulate ale investițiilor străine bilaterale directe (deosebit de importante pentru China) și de asemenea migranții (inexistenți în China, dar importanți pentru economia americană).[75] Deloc surprinzător, rezultatele arată cele mai mari creșteri pentru Rusia izolată anterior, alte foste economii comuniste din Europa, China și de asemenea pentru India, unele țări africane și Brazilia. Mai mult, ca rezultat al acestor schimbări, în 2017 gradul de conectare globală al Chinei a fost la fel de mare ca acela al Japoniei; al Rusiei rivaliza cu al Suediei; iar India putea fi comparată cu Singapore. Dacă oricare dintre aceste perechi vi se pare îndoielnică, gândiți-vă doar la locul Chinei drept cel mai mare producător de mărfuri de larg consum din lume, la exporturile enorme de energie și minerale ale Rusiei și la contingentul (deja amintit) de ingineri de software indieni din Silicon Valley.

Multiplii globalizării

Poate că cea mai bună cale de a aprecia progresele tehnice care au făcut posibilă această globalizare fără precedent este să le exprimăm progresul ca multipli ai capacităților, ai tipurilor de productivitate, randamentelor sau performanțelor. După cum am explicat deja, fundamentele tehnice ale acestei amețitoare runde de globalizare au fost stabilite înainte de 1973, dar extinderea și intensitatea sa de atunci au impus investiții enorme în forțele primare (motoarele cu combustie și motoarele electrice în transporturi) și în infrastructurile esențiale (porturi, aeroporturi, transporturi folosind containere). În consecință, nu doar că avem mai multe din acestea, dar capacitățile lor medii (în termeni de putere, volum, rată de transfer) au devenit mai mari, în vreme ce randamentele tipice și siguranța în funcționare au devenit mai bune. Așadar, să examinăm progresele care au avut loc în transporturi, aviație, navigație, informatică și comunicații de la începutul anilor 1970.

Globalizarea de după 1973 a făcut să crească de peste trei ori masa comerțului maritim și a adus schimbări importante în compoziția acestuia.[76] Dacă în 1973, traficul cu nave-tanc (dominat de țiței și produse petroliere rafinate) reprezenta peste jumătate din totalul transportat, în 2018, mărfurile reprezentau circa 70%, o schimbare care reflectă nu doar ridicarea Asiei — și, mai presus de toate, a

Chinei — la rangul de principală sursă mondială de bunuri de consum, ci și creșterea generală în integrare și interdependență: producătorii germani de mașini asamblează vehicule în Alabama, chimicale produse în Texas (profitând de boomul din extracția de gaze naturale) au furnizat materie primă pentru industriile din UE, fructele din Chile sunt exportate în patru continente, iar cămilele din Somalia sunt expediate în Arabia Saudită.

Această triplare a masei transportate între 1973 și 2019 a necesitat (la o măsurare în tone deadweight) o creștere de aproape patru ori a capacității flotei comerciale la nivel mondial. Tonajul deadweight al petrolierelor a crescut de puțin peste trei ori, tonajul navelor-container a crescut de circa 4,5 ori, iar dimensiunea flotei mondiale de containere s-a extins aproximativ de 10 ori în 45 de ani, la 5 152 de nave în 2019. Această creștere de nivelul ordinelor de mărime a fost însoțită de un transfer masiv al comerțului cu containere în China. În 1975, China nu avea deloc un trafic de containere, iar porturile americane și japoneze reprezentau aproape jumătate din activitatea mondială; în 2018, China (inclusiv Hong Kong) deținea o cotă parte de 32%, în vreme ce cota parte combinată a SUA și Japoniei era sub 10%.

Cât despre dimensiunile maxime ale navelor, în 1972 și 1973, Malcolm McLean a lansat cele mai mari nave-container ale sale, fiecare cu o capacitate de 1 968 de containere din oțel standard (de aproape cinci ori mai mari decât primele sale vase transformate în 1957). În 1996, Regina Maersk putea încărca 6 000 de unități standard; în 2008, maximumul era de 13 800, iar în 2009 Mediterranean Shipping Company a pus în funcțiune șase vase gigantice, capabile fiecare să transporte 23 756 de containere standard, rezultând o creștere de 12 ori a capacității maxime a vaselor între 1973 și 2019.[77] În mod inevitabil, această transformare pe scară largă a transportului cu containere a necesitat o transformare pe măsură a trenurilor de marfă și a camioanelor, iar aceste lanțuri de transport combinat aduc acum mărfuri dintr-un oraș din interiorul Chinei la rampa de încărcare a unui hipermarket Walmart din Missouri.

Iar când transportul florilor sau al alimentelor scumpe (ton proaspăt prins din apele canadiene ale Atlanticului la Tokyo; fasole verde din Kenya la Londra; trandafiri din Ecuador la New York) sau aparatura electronică de mare valoare necesită viteză, ele sunt trimise pe calea aerului. Cala fiecărui avion de pasageri transportă mărfuri, la fel ca flota tot mai numeroasă a avioanelor de mărfuri. Drept rezultat, între 1973 și 2018, transportul de mărfuri pe calea aerului la nivel mondial (exprimat în tone-kilometri) a crescut de circa 12 ori, în vreme ce

traficul de pasageri programat a crescut de la circa 0,5 bilioane la peste 8,3 bilioane de pasageri-kilometri, adică de aproape 17 ori.[78] Aproximativ două treimi (5,3 bilioane de pasageri-kilometri) din ultimul total au fost pe zboruri internaționale — echivalentul transportării pe calea aerului a aproape jumătate de miliard de pasageri pe an de la New York la Londra și retur.

O parte tot mai mare din aceste zboruri este reprezentată de turiștii internaționali. La începutul anilor 1970, totalul anual al acestora la nivel mondial (dominat de americani și vest-europeni) era mai mic de 200 de milioane; în 2018, noul record a ajuns la 1,4 miliarde.[79] Europa rămâne principala destinație turistică, reprezentând jumătate din totalul sosirilor — cele mai vizitate țări de pe continent fiind Franța, Spania și Italia. Timp de generații, Statele Unite au dominat cheltuielile turistice generale, dar în 2012 au fost depășite de China, iar cinci ani mai târziu turiștii chinezi cheltuiau de două ori mai mult decât americanii. Înmulțirea destul de bruscă a sosirilor și concentrarea lor disproporționată în câteva orașe importante (Paris, Veneția, Barcelona) a provocat nemulțumirea rezidenților lor permanenți și primele încercări de limitare a numărului de vizitatori zilnici sau anuali.[80]

Mâna lungă a legii lui Moore

Creșterile în mișcările de materiale, produse și oameni, precum și necesitatea de a livra materiale sau componente la timp pentru noile industrii care lucrau fără stocuri mari, au fost facilitate (și făcute mai sigure) de progresele din navigație, urmărire, informatică și comunicații, așa cum capacități mult extinse erau necesare pentru a permite noul potop al fluxurilor internaționale de date. Toate aceste progrese au o bază tehnică fundamentală: capacitatea noastră de a înghesui mai multe componente într-un circuit integrat, al cărui progres — dublarea la aproximativ fiecare doi ani — s-a conformat, până acum, predicției făcute de Gordon Moore, la acea dată (în 1965) director pentru cercetare al companiei Fairchild Semiconductor.[81]

În 1969, Moore a devenit cofondator al companiei Intel, care (după cum s-a menționat deja) a lansat în 1971 primul microprocesor (microcip) cu 2 300 de componente. Fabricarea microprocesoarelor a avansat în cele din urmă de la

integrarea pe scară mare (până la 100 000 de componente) la integrarea la scară foarte mare (VLSI, până la 10 milioane de componente) și la integrarea la scară ultra-mare (ULSI, până la un miliard de componente).[82] Pragul de 10^5 (100 000 tranzistori) a fost atins în 1982, iar în 1996, pentru a sărbători a 50-a aniversare a mașinii, un grup de studenți de la Universitatea din Pennsylvania a recreat calculatorul ENIAC, punând 174 569 de tranzistori pe un microcip de siliciu cu dimensiunile de 7,4 mm × 5,3 mm. Aparatul original era de peste 5 milioane de ori mai greu, consuma cam de 40 000 de ori mai multă electricitate, iar cipul recreat era de 500 de ori mai rapid.[83]

Iar progresul a continuat: pragul de 10^8 a fost depășit în 2003, 10^9 în 2010, iar la finele anului 2019, compania AMD a lansat Epyc CPU cu 39,5 miliarde de tranzistori.[84] Aceasta înseamnă că între 1971 și 2019 puterea microprocesoarelor a crescut cu șapte ordine de mărime — de 17,1 miliarde de ori, ca să fim exacți. Aceste progrese au fost mai mult decât suficiente ca să facă față noilor cereri pentru transferuri masive de date (din domeniul observării Pământului, cu sateliții de spionaj și comunicații, și între centrele financiare și băncile de date), corespondență electronică și apeluri vocale instantanee și navigație de mare precizie.

Această din urmă capacitate a beneficiat de pe urma progreselor din detecția radar și a instalării, urmate de extinderea și îmbunătățirea sistemului global de poziționare (GPS). Primul sistem (american) a fost complet operațional în 1993, urmat de alte trei sisteme (GLONASS al Rusiei, Galileo al UE și BeiDou al Chinei).[85] Drept urmare, oricine are un computer sau un telefon mobil poate să vizualizeze activitățile maritime și aviatice din toată lumea și în timp real cu un simplu click pe site-ul MarineTraffic și să vadă cum cargoboturile (pictograme verzi) converg spre Shanghai și Hong Kong, aliniindu-se să treacă printre Bali și Lombok, sau să treacă în sus prin Marea Mânecii; să urmărească tancurile petroliere (roșii) cum ies din Golful Persic, remorcherele și ambarcațiunile speciale (turcoaz) deservind platformele marine de petrol și gaz din Marea Nordului, și pescadoarele (maro-deschis) străbătând zona centrală a Pacificului (și mai sunt multe alte nave acolo și în alte părți care nu apar pe ecran pentru că, în timp ce pescuiesc ilegal, își scot din funcțiune transponderele).[86]

În mod asemănător, dar nu mai puțin fascinant, avem posibilitatea (tot la un click distanță) de a monitoriza toate zborurile comerciale.[87] Dimineața devreme în Europa prezintă un lung arc de zboruri decalate care se apropie de continent după ce au traversat Atlanticul în timpul nopții, venind dinspre America de Nord

și de Sud; serile în America de Nord arată șiruri lungi de avioane de linie deplasându-se pe ruta de zbor optimă spre Europa; cursele transpacifice spre Japonia converg pe Narita și Haneda în după-amiezile târzii și începuturile de seară, după ora capitalei Tokyo. Mai mult, monitorizarea zborurilor face posibil să se urmărească schimbările din rutele de zbor care țin cont de pozițiile frecvent schimbătoare ale curenților de aer rapizi la mare altitudine.[88] Ajustări mai puțin frecvente ale cursului de zbor sunt cauzate de înaintarea principalelor cicloane sau de norii de cenușă emiși de erupțiile vulcanice.[89]

Inevitabilitate, impedimente și depășirea limitelor

Istoria globalizării dezvăluie o incontestabilă tendință pe termen lung spre o mai mare integrare economică internațională, care se manifestă prin fluxuri intensificate de energii, materiale, oameni, idei și informații și care este facilitată de ameliorarea posibilităților tehnice. Procesul nu este nou, dar numai datorită numeroaselor inovații de după 1850 ar fi putut să ajungă la intensitatea și amploarea recente. Însă, așa cum arată unele impedimente din trecut, aceste progrese tehnice nu fac ca progresul continuu să fie inevitabil. Cel mai demn de amintit este faptul că în prima jumătate a secolului XX a avut loc o retragere semnificativă față de globalizarea economică și, în consecință, față de fenomenul însoțitor al circulației internaționale a oamenilor. Motivele acestei retrageri sunt evidente, căci acele decenii au fost marcate de o înlănțuire fără precedent a tragediilor la scară mare și de o scădere a avuțiilor naționale.

Lista, limitată la evenimente-cheie, include sfârșitul dinastiei Qing, ultima dinastie imperială a Chinei (1912); Primul Război Mondial (1914 — 1918); sfârșitul Rusiei țariste, când bolșevicii au preluat puterea și au urmat ani de război civil, la finalul căruia s-a înființat URSS (1917 — 1921); destrămarea Imperiului Otoman (disoluția finală în 1923); instabilitatea politică a Europei din anii 1920 de după război; prăbușirea bursei de la sfârșitul lui octombrie 1929; crizele economice mondiale ulterioare, care s-au prelungit în cea mai mare parte a anilor 1930; invazia japoneză din Manciuria (1931), adevăratul început al unui alt mare război; preluarea de către naziști a puterii în Germania (1933); războiul civil din Spania (1936 — 1939); al Doilea Război Mondial (1939 — 1945);

războiul civil renăscut din China (1945 — 1949); începutul Războiului Rece (1947); și proclamarea de către Mao a Republicii Populare Chineze (1949). Declinul globalizării economice a fost substanțial. Cota parte a comerțului în PIB la nivel mondial a scăzut de la circa 14% în 1913 la circa 6% în 1939 și la numai 4% în 1945.[90]

Iar ritmul accelerat al globalizării de după 1990 nu s-a bazat doar pe deținerea unor mijloace tehnice superioare; ar fi fost imposibil fără importantele transformări politice și sociale concurente, în special revenirea de după 1980 a Chinei în comerțul internațional, urmată de dezmembrarea Imperiului Sovietic (între 1989 și 1991). Aceasta înseamnă că gradul înalt de globalizare atins în primele decenii ale secolului al XXI-lea nu a fost inevitabil și că evoluțiile viitoare îl pot slăbi. În ce măsură (marginal sau substanțial) și cât de rapid (rapid, ca urmare a unor confruntări majore pentru putere, treptat ca un fenomen generațional) este imposibil de prevăzut.

Multe lucruri par ferm stabilite. O mare parte din globalizarea dobândită, mai ales multiplele schimbări care au avut loc în ultimele două generații, va rămâne neschimbată. Prea multe țări se bazează acum pe importurile de alimente, iar autonomia în privința tuturor materiilor prime este imposibilă, chiar și pentru țările cele mai mari, pentru că nicio țară nu posedă rezerve suficiente din toate mineralele de care ar avea nevoie economia sa. Marea Britanie și Japonia importă mai multe alimente decât produc, China nu are tot minereul de fier necesar furnalelor sale, SUA cumpără multe metale din categoria pământurilor rare (de la lantan la ytriu), iar India suferă de o penurie cronică de țiței.[91] Avantajele inerente ale manufacturării la scară largă împiedică firmele să asambleze telefoane mobile în toate orașele în care acestea sunt cumpărate. Și milioane de oameni vor continua să încerce să vadă în timpul vieții locuri îndepărtate emblematice.[92] Mai mult, reversiile instantanee nu sunt practice, iar dislocările rapide sunt întotdeauna însoțite de costuri mari. De exemplu, aprovizionarea globală cu aparatură electronică de consum ar suferi enorm dacă Shenzhen ar înceta dintr-odată să funcționeze drept cel mai important hub mondial de fabricare a dispozitivelor portabile.

Dar istoria ne amintește că este improbabil ca starea de lucruri recentă să dureze timp de generații. Industriile britanică și americană au fost lideri globali până de curând, la începutul anilor 1970. Dar unde sunt acum fabricile de prelucrare a metalelor din Birmingham sau oțelăriile din Baltimore? Unde sunt marile filaturi de bumbac din Manchester sau Carolina de Sud? Până în 1965, „cei trei mari“

din Detroit încă dețineau 90% din piața americană de automobile; acum însă nu mai au nici măcar 45%. Până în 1980, Shenzhen era un mic sat de pescari, când a devenit prima zonă economică specială a Chinei, iar acum este un mega-oraș cu peste 12 milioane de locuitori. Ce rol va juca în 2050? O retragere rapidă, la scară largă, din starea curentă este imposibilă, dar sentimentele pro-globalizare au slăbit de ceva vreme.

Dezindustrializarea accelerată a Americii de Nord, Europei și Japoniei și mutarea proceselor manufacturiere în Asia în general și în China în special, a fost motivul principal al acestei reevaluări.[93] Această comutare a manufacturării a adus schimbări ce pot fi încadrate de la rizibile la tragice. În prima categorie sunt tranzacții grotești de genul celei în urma căreia Canada, țara cu resurse forestiere mai mari decât ale oricărei națiuni bogate, importă scobitori și hârtie igienică din China, o țară ale cărei stocuri de lemn se ridică la o mică fracție din enormul patrimoniu forestier boreal al Canadei.[94] Dar comutarea a contribuit și la tragedii, cum ar fi creșterea mortalității la vârste mijlocii în rândul bărbaților albi, fără educație universitară, din America. Nu încape nicio îndoială că dispariția post-2000 a circa 7 milioane de joburi manufacturiere (anterior, bine plătite) din America — cea mai mare parte a acestei pierderi putând fi pusă pe seama globalizării, dat fiind că acea producție s-a mutat, în majoritate, în China — a fost principala cauză a acestor decese din disperare, care în mare măsură pot fi atribuite sinuciderilor, supradozelor de droguri și bolilor de ficat provocate de alcool.[95]

Iar acum avem o confirmare cantitativă solidă potrivit căreia globalizarea a atins un punct de cotitură la mijlocul primului deceniu al acestui mileniu. Marea Recesiune din 2008 a eclipsat această evoluție, dar analiza McKinsey făcută pentru 23 de lanțuri valorice ale industriei (activități interconectate, de la proiectare la vânzările cu amănuntul, care livrează produse finite) acoperind 43 de țări între 1995 și 2017 arată că lanțurile valorice ale producției de mărfuri (încă în creștere lentă în termeni absoluți) au devenit în mod semnificativ mai puțin intense în plan comercial, în condițiile în care exporturile au scăzut de la 28,2% din producția globală în 2007 la 22,5% în 2017.[96]

Ceea ce eu consider că este a doua constatare în ordinea importanței a acestui studiu este faptul că, în ciuda percepției comune, doar circa 18% din comerțul mondial de mărfuri este acum stimulat de costurile mai mici cu munca (arbitrajul muncii), că în multe lanțuri această cotă parte a scăzut în toată perioada anilor 2010 și că lanțurile valorice globale devin mai axate pe cunoaștere și se bazează

din ce în ce mai mult pe munca înalt specializată. În mod similar, un studiu efectuat de OECD arată că expansiunea lanțurilor valorice globale s-a oprit în 2011 și de atunci a scăzut ușor: au fost mai puține schimburi comerciale în mărfurile și serviciile intermediare.[97]

Să adăugăm la asta lacrimile (justificate sau exagerate, raționale sau demagogice) cauzate de impactul globalizării asupra suveranității, culturii și limbilor naționale; de diluarea particularităților în solventul universalității comerciale (cu îngrijorări pornind de la ubicuitatea lanțurilor de fast-food americane la puterea în esență necontrolată a rețelelor de socializare); și, contrar beneficiilor promise, de îngrijorările privind rolul globalizării în inegalitatea economică și socială. Chiar și o evaluare precaută a acestor aspecte negative reale și percepute confirmă suficiente dezavantaje pentru a chestiona orice viitoare intensificare a procesului, iar în 2020 pandemia de COVID-19 a întărit și mai mult aceste sentimente.

Argumentele în favoarea relocalizării multor tipuri de producție în scopul dobândirii unei rezistențe mai mari și pentru a reduce întreruperile neașteptate nu sunt noi. Progresul globalizării și acțiunile companiilor multinaționale au fost puse sub semnul întrebării și criticate încă din anii 1990 și, mai recent, aceste sentimente au devenit parte a nemulțumirilor electorale din unele țări, în special în Marea Britanie și SUA.[98] Dar, în timpul pandemiei de COVID-19, o grupare remarcabilă de instituții a început să publice analize și apeluri pentru reorganizarea lanțurilor de aprovizionare la nivel global. OECD a examinat opțiunile politice pentru constituirea unor rețele de producție mai rezistente care să se bazeze mai puțin pe importuri din locuri îndepărtate și care ar putea suporta mai bine întreruperile din comerțul global. Conferința ONU pentru Comerț și Dezvoltare a luat în considerare repatrierea proceselor de producție din Asia în America de Nord și Europa și o trecere la lanțuri valorice mai scurte și mai puțin fragmentate — extinzându-se de la proiectare, prin fabricație și la distribuție în cadrul unei singure țări sau a unei singure unități economice — aceea ce ar produce o concentrare mai mare a valorii adăugate. Swiss Re a realizat un raport privind eliminarea riscurilor în lanțurile de aprovizionare globale (reechilibrarea lor pentru a le spori rezistența). Iar Brookings Institution vede în relocalizarea proceselor avansate de producție calea cea mai bună pentru crearea de joburi bune.[99]

Punerea sub semnul întrebării și criticarea globalizării a depășit faza argumentelor ideologice obtuze, iar pandemia de COVID-19 a oferit argumente

suplimentare puternice bazate pe îngrijorările de necombătut privind rolul fundamental al statului în protejarea vieții cetățenilor săi. Acel rol este dificil de îndeplinit când 70% din producția mondială de mănuși de cauciuc se realizează într-o singură fabrică și când cote similare sau chiar mai mari nu doar din echipamentele de protecție personală, ci și din principalele componente ale medicamentelor și de medicație comună (antibiotice, antihipertensive) provin de la un număr mic de furnizori din China și India.[100] O astfel de dependență s-ar putea să nu împlinească visul economiștilor de producție în masă la cele mai scăzute costuri pe unitate posibile, dar mijlocește o guvernare extrem de iresponsabilă — dacă nu chiar criminală când doctorii și asistentele trebuie să facă față pandemiei fără echipament de protecție adecvat, când statele dependente de producția din străinătate se angajează într-o concurență deconcertantă pentru stocurile limitate și când pacienții din lumea întreagă nu-și pot reînnoi rețetele din cauza încetinirii producției sau închiderii fabricilor asiatice.

Iar preocupările privind securitatea generate de globalizarea excesivă merg mult dincolo de sectorul de ocrotire a sănătății. Creșterea importurilor americane de transformatoare mari din China creează îngrijorări privind disponibilitatea pieselor de schimb și potențialul unei destabilizări viitoare a rețelei de electricitate și nu e nevoie să repetăm argumentele referitoare la mult popularizata interzicere a participării companiei Huawei la construirea rețelelor 5G în unele țări occidentale.[101] Deloc surprinzător, relocalizarea proceselor de producție poate fi valul viitorului, atât în America de Nord, cât și în Europa: un sondaj efectuat în 2020 a arătat că 64% din producătorii americani au spus că este probabil ca relocalizarea să urmeze pandemiei.[102]

Va persista acest sentiment? Așa cum nu voi obosi să subliniez, eu nu fac prognoze și prin urmare nu ofer vreo cifră specifică referitoare la diminuarea sau continuarea nivelurilor de globalizare de dinaintea COVID-19 în general, sau la relocalizarea capacităților de producție în particular. Eu doar încerc să evaluez gama rezultatelor celor mai probabile și, deși în anii din urmă situația a arătat tot mai mult ca și cum majoritatea aspectelor globalizării nu vor crește spre noi înălțimi, în 2020 această noțiune a devenit întru totul banală: s-ar putea să fi văzut deja vârful globalizării, iar refluxul acesteia s-ar putea să dureze nu doar câțiva ani, ci câteva decenii.

****** Abreviere de la denumirea în engleză very large crude carriers. (N.t.)

******* Abreviere de la denumirea în engleză ultra large crude carriers. (N.t.)

******** Abreviere de la denumirea în engleză liquefied natural gas. (N.t.)

******** Inițialele de la denumirea în engleză: World Trade Organization. (N.t.)

Capitolul 5

Să înțelegem riscurile

De la virusuri la diete și la exploziile solare

O modalitate cuprinzătoare de a descrie progresele civilizației moderne este să le vedem ca pe o serie de încercări de reducere a riscurilor generate de faptul că suntem organisme complexe și fragile, care încearcă să supraviețuiască în fața multor încercări într-o lume plină de pericole. Capitolele precedente au arătat cât de mult succes am avut în aceste încercări. Producțiile agricole mai mari au îmbunătățit aprovizionarea cu hrană, i-au scăzut costurile și au redus riscurile de malnutriție, de dezvoltare întârziată și de boli ale copilăriei cauzate de subnutriție. Cel mai notabil, combinația dintre creșterea producției alimentare, extinderea comerțului cu alimente și ajutoarele alimentare de urgență au eliminat îndelungatul caracter inevitabil al situațiilor recurente de foamete.[1]

Locuințe mai bune (mai mult spațiu, apă curentă și apă caldă, încălzire centrală), o igienă mai bună (nicio îmbunătățire nu a fost mai importantă decât mai mult săpun și spălatul pe mâini mai frecvent), și măsuri de sănătate publică mai bune (de la vaccinările la nivel de populație la supravegherea siguranței alimentare) au crescut confortul casnic, au redus riscurile răspândirii infecțiilor provocate de apa contaminată, au diminuat frecvența patogenilor de origine alimentară și au eliminat în mare parte pericolele intoxicării cu monoxid de carbon de la sobele cu foc de lemne.[2] Diferite progrese de inginerie și măsuri de siguranță publică au redus accidentele industriale și din timpul transportului. Accidentele auto (numărul deceselor cauzate de acestea a ajuns acum la peste 1,2 milioane pe an) ar fi și mai periculoase fără îmbunătățirile în proiectarea automobilelor și măsurile de protecție (barele anti-intruziune care protejează de ciocnirile laterale, centurile de siguranță, airbagurile, luminile de frână la nivelul ochilor șoferului și, într-o măsură tot mai mare, frânarea automată și corectarea abaterii de la banda de circulație) care au redus riscurile ciocnirilor și accidentărilor grave.[3]

Tratatele internaționale au stabilit reguli transparente care promovează fiabilitatea și siguranța (cum ar fi reducerea riscului de a importa mărfuri contaminate) și care fac ca evenimentele regretabile să fie supuse acțiunilor juridice (cum ar fi urmărirea unui părinte care a răpit un copil într-o altă țară).[4] Și, în pofida impresiei create de relatările din media, frecvența pe plan mondial a

conflictelor violente și numărul total al victimelor acestora sunt în scădere de decenii.[5] Dar, dată fiind complexitatea corpului uman, enormitatea și caracterul imprevizibil al proceselor naturale și imposibilitatea de a eradica toate erorile umane făcute în proiectarea mașinilor complicate și în operarea acestora, nu e deloc surprinzător că riscurile continuă să abunde în lumea modernă.

Chiar și oamenii care nu fac nimic deosebit pentru a fi bine informați sunt expuși în mod regulat relatărilor din media despre pericolele naturale și cele create de om și naturale, precum și de riscurile dietelor, bolilor și activităților cotidiene. Prima categorie cuprinde aspecte diverse, de la temutele atacuri teroriste la numeroasele manifestări ale chemofobiei (reziduurile de pesticide din alimente la carcinogenele din jucării sau covoare), și de la azbestul ascuns în ziduri și în pudra de talc pentru bebeluși la faptul că planeta este distrusă de încălzirea globală antropogenă.[6] Buletinele de știri nu ratează nicio relatare despre catastrofele naturale — incluzând uragane, tornade, inundații, secetă și invaziile de lăcuste —, pe fundal existând îngrijorările persistente legate de cancerele incurabile și virusurile imprevizibile, recentele preocupări generate de SARS-CoV-1 și Ebola fiind doar un fel de avanpremiere moderate ale suferințelor provocate de pandemia de COVID-19 (SARS-CoV-2).[7]

Lista poate fi ușor extinsă adăugând îngrijorările cu privire la boala vacii nebune (encefalopatie bovină spongiformă), Salmonella sau Escherichia coli, expunerea la microbii din spitale (infecții nosocomiale), radiațiile neionizante generate de telefoanele mobile, securitatea cibernetică și furtul de date, proiectele de inteligență artificială și organismele modificate genetic scăpate de sub control, lansarea accidentală a rachetelor nucleare și un asteroid rătăcit și neobservat care poate lovi Pământul. Cu o asemenea enumerare, am putea să conchidem cu ușurință că suntem acum expuși la mai multe riscuri ca oricând — sau, dimpotrivă, că relatările neîntrerupte (și exagerate) ale unor astfel de evenimente sau despre posibilitățile acestora ne-a făcut pur și simplu să conștientizăm mai acut existența lor și că o percepție adecvată a riscurilor ne-ar oferi unele perspective liniștitoare. Iar asta este exact ceea ce voi face în acest capitol. Da, lumea e plină de riscuri constante sau episodice, dar în același timp abundă în percepții eronate și evaluări iraționale ale riscurilor. Motivele acestor percepții și calcule greșite sunt numeroase, iar cei care practică analiza riscurilor au publicat descoperiri lămuritoare cu privire la originea, prevalența și persistența lor.[8]

Dar, înainte de a ajunge la analize, cuantificări și comparații între riscurile artificiale și cele naturale, să începem cu elementele de bază. Ce ar trebui să

mâncăm pentru a susține o viață îndelungată? Dat fiind veritabilul câmp minat al afirmațiilor și contraafirmațiilor moderne privind regimurile alimentare, aceasta ar putea părea o întrebare la care e imposibil, sau măcar foarte dificil, să dai un răspuns. Cum să cântărești avantajele și neajunsurile unor regimuri care pornesc de la dieta carnivoră fără oprelişti și ajung la veganismul cel mai pur? Prima, promovată ca presupusa dietă paleolitică, asigură peste o treime din toată energia de origine alimentară din proteinele din carne, cealaltă se extinde de la a nu înghiți niciodată nici măcar un microgram de materie animală la a nu purta niciodată pantofi din piele, pulovere tricotate din lână sau bluze de mătase. Prima apelează la o caricatură a unora dintre rădăcinile noastre evoluționiste îndepărtate; a doua oferă calea cea mai sigură de conservare a îndelung suferindei biosfere, pentru că umilele plante, spre deosebire de animalele domestice distructive, exercită doar o presiune foarte mică asupra mediului înconjurător.

Abordarea mea în găsirea celor mai puțin riscante diete (cele asociate cu speranțe de viață de peste 80 de ani) va ignora nu numai toate afirmațiile dietetice dubioase promovate de media, dar și, poate mai surprinzător, zecile de articole publicate în jurnalele științifice. În particular, cele care au examinat legăturile dintre diete, boli și longevitate urmărind grupuri de diferite dimensiuni și vârste pe perioade mai scurte sau mai lungi, bazându-se totodată în mod covârșitor pe amintirile participanților la studii privind toate alimentele pe care le-au consumat în trecut. De asemenea, voi ignora metastudiile unor astfel de proiecte.

Simpla listare a acestor articole publicate după 1950 — de la examinarea legăturii dintre bolile cardiace, grăsimile saturate și colesterol, la riscurile consumului de carne și lapte — ar umple o broșură, și o bună parte a acestor investigații a fost dedicată expunerii imperfecțiunilor memoriei umane (ce ați mâncat săptămâna trecută? pariez că nu vă aduceți aminte sau cel puțin nu în mod exact), precum și detalierii altor neajunsuri metodologice sau analitice, cum ar fi faptul că acest domeniu abundă în acuzații privind concluzii lipsite de validitate.[10]

Nu e de mirare că întrebarea ce ar trebui să mâncăm este una dificilă. Aceste studii, precum și metastudiile efectuate pe baza lor, au eșuat în mod repetat să producă rezultate coerente și clare, de multe ori cercetările noi răsturnând rezultatele celor anterioare.[11] Există o cale de ieșire din aceste enigme care rezistă de generații și încă sunt în desfășurare? Într-adevăr, este destul de simplu.

Putem să vedem care sunt populațiile care trăiesc cel mai mult și ce regimuri alimentare au.

Să mănânci ca în Kyoto — sau ca în Barcelona

Dintre cele peste 200 de țări și teritorii ale lumii, Japonia are cea mai mare longevitate medie începând din 1980, când speranța ei de viață combinată (bărbați și femei) la naștere a depășit 77 de ani.[12] Au urmat și alte creșteri, așa încât până în 2020, speranța de viață combinată la naștere a Japoniei era de 84,6 de ani. Femeile trăiesc mai mult în toate societățile, iar până în 2020 speranța lor de viață în Japonia era de circa 87,7 de ani, întrecând Spania cu 86,2 ani. Longevitatea medie este rezultatul unor factori complecși acționând combinat, care țin de genetică, stil de viață și nutriție. Să încerci să găsești ce proporție e determinată numai de dietă este imposibil, dar dacă regimul alimentar al unei națiuni are unele caracteristici unice, ele merită în mod clar să fie examinate mai atent.

Are consumul de alimente din Japonia ceva cu adevărat special, care să ofere o explicație la îndemână privind contribuția adusă de regimul alimentar la longevitatea record a populației? Toate ingredientele ei tradiționale consumate în cantități substanțiale diferă doar subtil față de cele mâncate sau băute din abundență în țările asiatice învecinate. Chinezii și japonezii consumă varietăți diferite, dar echivalente nutrițional, ale aceleiași subspecii de orez (Oryza sativa japonica). Prin tradiție, chinezii și-au coagulat brânza de soia (doufu) cu sulfat de calciu (shigao), în vreme ce brânza de soia japoneză (tofu) este închegată cu sulfat de magneziu (nigari), dar boabele de leguminoase măcinate sunt la fel de bogate în proteine. Și, spre deosebire de ceaiul verde nefermentat japonez (ocha), ceaiul verde chinezesc (lücha) este parțial fermentat. Acestea nu sunt diferențe în ceea ce privește calitatea nutrițională, ci doar chestiuni legate de aspect, culoare și gust.

În ultimii 150 de ani, dieta japoneză a suferit o transformare enormă. Dieta tradițională, consumată de majoritatea populației înainte de 1900, era insuficientă pentru a sprijini potențialul de creștere al populației și a avut ca rezultat bărbați și femei de statură joasă; ameliorările lente de dinaintea celui de-

al Doilea Război Mondial s-au accelerat după ce țara a depășit situațiile de penurie alimentară de după înfrângerea suferită în 1945.[13] Consumul de lapte, introdus prima oară în mesele oferite la școală pentru a preveni malnutriția, a început să crească, iar orezul alb a devenit abundent. Proviziile de alimente de origine oceanică s-au extins rapid, după ce țara și-a construit cea mai mare flotă de pescuit (inclusiv balene) din lume. Carnea a devenit o componentă des întâlnită în mâncărurile japoneze și multe produse de brutărie au început să fie preferate într-o țară care în mod tradițional nu consuma așa ceva. Creșterea veniturilor și hibridizarea gusturilor au adus creșteri ale nivelurilor medii de colesterol în sânge, ale tensiunii arteriale și ale greutății corporale — și totuși incidența bolilor cardiace nu a crescut dramatic și longevitatea a cunoscut valori tot mai mari.[14]

Ultimele studii publicate arată că Japonia și SUA sunt surprinzător de apropiate în privința totalului de energie alimentară consumată zilnic. În perioada 2015 — 2016, bărbații americani consumau doar cu 11% mai multă, iar femeile americane nici măcar cu 4% mai multă energie alimentară pe zi decât femeile din Japonia în 2017. Cele două țări au diferențe moderate în privința consumului total de carbohidrați (în Japonia era un plus de sub 10%) și proteine (americanii consumau cu sub 14% mai mult) și ambele populații se situau cu mult deasupra minimului necesar de proteine. Dar, în privința aportului mediu de lipide, există o diferență importantă, bărbații americani consumând cu circa 45% mai mult, iar femeile americane cu 30% mai mult decât bărbații, respectiv femeile din Japonia. Și cea mai mare disparitate este în aportul de zahăr: în rândul adulților americani, este cu circa 70% mai mare. Dacă recalculăm în termeni de diferențe anuale medii, în ultima perioadă, americanii au consumat anual cam cu 8 kilograme de grăsime mai mult și cu 16 kilograme de zahăr în plus față de cantitatea medie a unui adult japonez.

Larga disponibilitate a ingredientelor și accesul ușor la instrucțiunile pentru gătit și rețete pe internet înseamnă că fiecare dintre noi își poate minimiza riscul de mortalitate prematură și să înceapă să mănânce à la japonaise — fie potrivit bucătăriei tradiționale a țării, washoku, fie adaptările unor mâncăruri străine (șnițelul vienez apărând ca tonkatsu pre-feliat; curry și orez transformate în cleiosul kare raisu).[16] Dar, înainte de a începe să mănânci supă miso (miso shiru) la micul-dejun, onigiri (chiftele de orez învelite în nori, alge de mare uscate) la prânz și sukiyaki (carne și tocană de legume) la cină, poate n-ar strica să afli și o a doua opinie: ce ar face cel mai bun model european de dietă și longevitate?

Femeile din Spania sunt pe locul doi în lume în privința speranței de viață, iar prin tradiție în țară se consumă așa-numita dietă mediteraneeană, cu aporturi ridicate de legume, fructe și cereale integrale, însoțite de fasole, alune, semințe și ulei de măsline. Dar pe măsură ce venitul mediu al spaniolilor a crescut, aceștia și-au schimbat rapid acele obișnuințe într-o măsură surprinzător de mare.[17] Până spre sfârșitul anilor 1950, Spania pauperizată a lui Franco a continuat să mănânce foarte frugal. Dietele tipice erau dominate de amidonoase (consumul anual de cereale și cartofi se ridica la circa 250 kilograme pe cap de locuitor) și legume; consumul de carne (greutate în carcasă) a rămas sub 20 de kilograme pe cap de locuitor), iar consumul efectiv era mai mic de 12 kilograme (din care o treime era carne de berbec și de capră); aceite de oliva era cel mai important ulei vegetal (circa 10 litri pe an); și numai consumul de zahăr (circa 16 kilograme în 1960) era ridicat în raport cu celelalte alimente.

Schimbările legate de hrană s-au accelerat după ce Spania a aderat la UE în 1986, astfel că până în anul 2000 a devenit cea mai carnivoră națiune a Europei (după ce consumul mediu pe cap de locuitor a crescut de peste cinci ori, la puțin peste 110 kilograme pe an). Un ușor declin ulterior a redus cifra (greutate în carcasă) la circa 100 de kilograme pe cap de locuitor în 2020, dar asta tot înseamnă dublul mediei japoneze! Iar cu produsele lactate și brânzeturile adăugate la carnea proaspătă și cantitatea și varietatea enormă de jamones (șuncă preparată prin sărare și uscare prelungită), nu este deloc surprinzător că, în Spania, consumul de grăsime animală este cvadruplu față de cel al japonezilor.[18] Spaniolii consumă acum un volum aproape dublu de uleiuri vegetale față de japonezi — dar consumul de ulei de măsline este cu circa 25% mai mic decât era în 1960.

Veniturile mai mari n-au făcut decât să crească predilecția tradițională pentru produsele de cofetărie, iar adoptarea băuturilor răcoritoare carbogazoase au făcut restul începând cu 1960, consumul de zahăr pe cap de locuitor s-a dublat și este acum cu circa 40% peste nivelul japonezilor. În același timp, consumul de vin al spaniolilor a scăzut neîncetat, de la circa 45 de litri pe cap de locuitor în 1960 la doar 11 litri în 2020, iar berea a devenit de departe cea mai consumată băutură alcoolică a țării. Felul cum se mănâncă acum în Spania diferă substanțial de modul în care se mănâncă în Japonia — și, fără îndoială (fiind carnivorul de top al continentului), această dietă abia dacă mai seamănă cu legendara dietă mediteraneeană, frugală, cvasi-vegetariană și care prelungește viața.

Dar, în pofida aportului crescut de carne, grăsimi și zahăr (și după abandonarea

rapidă a consumului vinurilor, despre care se spune că protejează inima), mortalitatea pricinuită de boli cardiovasculare din rândul populației Spaniei a continuat să scadă, odată cu creşterea speranței de viață. Începând cu 1960, în Spania mortalitatea pricinuită de boli cardiovasculare a scăzut într-un ritm mai alert decât media din țările bogate, iar în 2011 era cam cu o treime mai scăzută decât media acestora; și tot față de 1960, Spania a adăugat peste 13 ani la perspectiva combinată (bărbați și femei) a longevității, crescând de la 70 la peste 83 de ani în 2020.[19] Asta înseamnă cu doar un an mai puțin decât în Japonia. Prin urmare, merită un an în plus de viață (cu șanse mari ca acest an să fie petrecut în decrepitudine fizică sau mintală, ori o combinație a ambelor) ca să înlocuiești jumătate din carnea pe care o mănânci cu tofu?

Gândește-te la ce ai putea să pierzi: feliile acelea subțiri ca hârtia de jamon iberico; carnea aceea de porc bine friptă (chiar dacă nu e gătită la fel ca la celebra Sobrino de Botin, aflată la o plimbare scurtă pe jos de Plaza Mayor, unde carnea de porc se prepară de aproape 300 de ani); acea polpo gallego bine gătită, caracatiță friptă înăbușită cu cartofi, ulei de măsline și paprica. Acestea sunt, cu adevărat, decizii existențiale care trebuie luate — dar concluzia este rezonabil de clară. Dacă ar fi să vrei să obții longevitatea (însoțită de o viață sănătoasă și activă) bazându-te numai pe dieta predominantă — care, oricât ar fi de importantă, este doar un element al unui ansamblu mai mare care include genele pe care le moștenim și mediul înconjurător — atunci dieta japoneză are un ușor avantaj, dar un avantaj doar cu puțin inferior se poate obține mâncând așa cum se mănâncă în Valencia.

Este vorba de o evaluare a riscurilor extrem de importantă, dar relativ simplă: o alegere, bazată pe date convingătoare, poate fi suficientă pentru deceniile care urmează. Alte evaluări de riscuri sunt invariabil mai dificile, pentru că determinanții cantitativi s-ar putea să nu fie atât de simpli ca anii trăiți. Riscurile unor activități specifice se schimbă cu timpul (în prezent, condusul mașinii este astăzi, în general, mult mai sigur decât cu o jumătate de secol în urmă, dar după 50 de ani de șofat, abilitățile tale se poate să se fi deteriorat, astfel că prezinți un risc mai mare pentru tine și pentru alții când te așezi la volan). Iar în cazul în care vrei să știi dacă zborurile intercontinentale (pe care s-ar putea să le efectuezi mai rar) sunt mai riscante decât coborârile pe pârtiile de schi (pe care poate că le faci de mulți ani), trebuie să ai un etalon de comparație destul de exact. Și cum poți să compari riscurile întâmpinate în diferite țări — să spunem, șofatul în SUA, să fii lovit de trăsnet când faci drumeții prin Alpi sau să mori într-un cutremur de pământ în Japonia? După cum va reieși, putem să facem evaluări

comparative remarcabil de exacte ale tuturor acestor riscuri.

Percepții și toleranțe legate de riscuri

În lucrarea sa de pionierat privind analiza riscurilor, publicată în 1969, Chauncey Starr — la acea dată decanul Facultății de Inginerie și Științe Aplicate din cadrul Universității din Los Angeles, California — a subliniat diferența majoră în toleranța la risc între activitățile voluntare și cele involuntare.[20] Când oamenii cred că dețin controlul (o percepție care ar putea fi incorectă, dar care se bazează pe experiențe anterioare și, prin urmare, pe convingerea că pot evalua rezultatul probabil), se angajează în activități — cățăratul pe pereți verticali de stâncă fără corzi de siguranță, skydiving, lupte cu tauri — ale căror riscuri de rănire gravă sau de deces pot fi de o mie de ori mai mari decât riscul asociat cu o expunere involuntară atât de temută cum este un atac terorist într-un mare oraș occidental. Și majoritatea oamenilor nu au nicio problemă să se angajeze zilnic și în mod repetat în activități care le cresc temporar riscurile cu cantități semnificative. Astfel, sute de milioane de oameni se deplasează cu mașina în fiecare zi (și se pare că multora chiar le place să facă acest lucru), iar un risc și mai mare este tolerat de un număr și mai mare de fumători[21] — în țările bogate, deceniile de educație au redus numărul acestora, dar pe plan mondial încă mai sunt peste un miliard de fumători.

În unele cazuri, disparitatea dintre tolerarea riscurilor asumate voluntar și încercarea de a evita riscurile greșit percepute ale expunerilor involuntare devine cu adevărat bizară, ca atunci când părinții refuză să-și vaccineze copiii (expunându-i în mod voluntar la riscurile multiple ale unor boli care pot fi prevenite) deoarece consideră cerința guvernului ca ei să-și protejeze copiii (o impunere involuntară) ca fiind un risc inacceptabil — și fac asta pe baza unor „dovezi“ discreditate în repetate rânduri (cel mai notabil, legând vaccinarea de o incidență mai mare a autismului) sau a unor zvonuri privind presupuse pericole (implantarea de microcipuri!).[22] Iar pandemia de SARS-CoV-2 a ridicat aceste temeri iraționale la un nou nivel. Vaccinarea în masă era speranța cea mai mare a omenirii de a pune capăt pandemiei, dar cu mult înainte ca primele vaccinuri să fie aprobate pentru distribuire, segmente semnificative ale populației declarau în

sondajele de opinie că nu se vor vaccina.[23]

Teama larg răspândită față de generarea nucleară a electricității este un alt exemplu grăitor de percepție greșită a riscului. Mulți oameni fumează, conduc mașina și mănâncă excesiv de mult, dar au rețineri în a locui în apropierea unei centrale nuclear-electrice, iar sondajele au arătat o neîncredere durabilă și răspândită față de această formă de generare a electricității, în pofida faptului că a prevenit un mare număr de decese legate de poluarea aerului, care ar fi fost asociate cu arderea combustibililor fosili (în 2020, aproape trei cincimi din electricitatea lumii provenea din combustibilii fosili și doar 10% din fisiunea nucleară). Iar comparația dintre riscurile generale asociate cu generarea nucleară față de cele legate de generarea din combustibili fosili nu se schimbă, chiar dacă sunt incluse cele mai bune estimări ale deceselor latente cauzate de cele două accidente majore (Cernobîl în 1985 și Fukushima în 2011).[24]

Poate că cel mai uluitor contrast între percepțiile riscului de inspirație nucleară îl întâlnim când comparăm Franța cu Germania. Franța obține peste 70% din electricitate din fisiunea nucleară încă din 1980 și suprafața țării este presărată cu aproape 60 de reactoare, răcite cu apă din multe râuri din Franța, printre care Sena, Rin, Garonne și Loara. Și totuși longevitatea populației franceze (depășită doar de Spania în cadrul UE) este cea mai bună dovadă a faptului că aceste centrale nuclear-electrice nu au reprezentat o sursă perceptibilă de îmbolnăvire sau de decese premature — dar dincolo de Rin, nu doar Verzii germani consideră că electricitatea nucleară este o invenție infernală care trebuie eliminată cât mai repede posibil, ci și mari porțiuni ale populației.[26]

Iată de ce mulți cercetători au afirmat că nu există un „risc obiectiv“ care așteaptă să fie măsurat deoarece percepțiile noastre privind riscurile sunt în mod inerent subiective, depinzând de felul cum înțelegem anumite pericole (riscuri familiare vs. riscuri noi) și de circumstanțele culturale.[27] Studiile psihometrice au arătat că pericolele specifice au tiparele lor unice de calități puternic corelate: riscurile involuntare sunt adesea asociate cu teama de pericole noi, incontrolabile și necunoscute; cât privește pericolele voluntare, este mai probabil să fie percepute ca fiind controlabile și cunoscute de știință. Generarea nucleară a electricității este percepută de multă lume ca fiind nesigură, în vreme ce radiațiile X comportă un risc tolerabil.

Sentimentele de teamă joacă un rol exagerat în percepția riscului. Atacurile teroriste sunt poate cel mai bun exemplu al acestei toleranțe diferențiate, căci

frica preia controlul și elimină evaluarea rațională făcută ușor pe baza dovezilor incontestabile. Din cauza unor caracteristici specifice imprevizibile, cum ar fi momentul, locul și scara, atacurile teroriste se situează sus pe scara psihometrică a fricii, iar aceste temeri au fost exploatate intensiv de pseudoanalizele mult exagerate oferite de prezentatorii canalelor de știri non-stop: în ultimele două decenii, acestea au făcut speculații legate de orice, de la bombele nucleare ascunse în valize și detonate în mijlocul Manhattan-ului la otrăvirea bazinelor de apă potabilă ale marilor orașe și împrăștierea de virusuri mortale create artificial.

În comparație cu aceste atacuri temute, condusul automobilului prezintă riscuri în mare parte voluntare, cu o recurență ridicată și foarte familiare, iar morțile accidentale implică în mod covârșitor (peste 90% dintre cazuri) doar o persoană pe coliziune fatală. Ca urmare, societățile tolerează acest preț, care depășește în plan mondial 1,2 milioane de morți pe an, ceva ce nu ar fi acceptat niciodată dacă ar fi să ia forma unor accidente recurente în fabricile industriale sau în construcțiile prăbușite (poduri, clădiri) în orașele mari sau în apropierea acestora, chiar dacă numărul combinat de decese în urma unor astfel de dezastre ar fi cu un ordin de mărime mai mic — „doar“ în gama sutelor de mii.[28]

Diferențele mari în privința toleranței individuale la risc sunt cel mai bine ilustrate de faptul că multe persoane se angajează — voluntar și în mod repetat — în activități pe care alții le-ar putea considera nu doar riscante, ci rezervate celor care fără doar și poate doresc să-și pună capăt zilelor. Săriturile de pe bază (obiect fix) sunt un exemplu grăitor de asemenea activități, căci cea mai mică întârziere în deschiderea parașutei se poate solda cu pierderea vieții — un corp în cădere liberă poate atinge în doar câteva secunde o viteză fatală.[29] Și apoi este toleranța la risc justificată de o credință fatalistă: bolile sau accidentele sunt predestinate și inevitabile, prin urmare nu are niciun rost să încerci să-ți îngrijești sănătatea sau să previi accidentele nefericite prin acțiuni personale adecvate.[30]

De asemenea, persoanele fataliste subestimează riscurile pentru a evita efortul necesar analizării acestora și a trage concluzii practice, dar și pentru că se simt totalmente incapabile să le facă față.[31] Fatalismul în trafic a fost foarte bine studiat. Șoferii fataliști subestimează situațiile periculoase din trafic, au o probabilitate mai mică de a conduce defensiv (fără distrageri, menținerea unei distanțe sigure față de vehiculul din față, fără depășirea vitezei legale) și de a-și asigura copiii cu centura de siguranță ori să raporteze implicarea în accidente rutiere. Ca un aspect îngrijorător, studiile efectuate în unele țări au demonstrat o

prevalență a fatalismului în trafic în rândul șoferilor de taxi și foarte răspândit printre șoferii de microbuze.[32]

Nu putem face mare lucru pentru a-i transforma pe săritorii de pe bază în personificări ale comportamentului de evitare a riscurilor sau să-i convingem pe mulți șoferi de taxi că accidentele lor nu sunt predeterminate. Dar putem folosi cea mai bună înțelegere a riscurilor pe care o avem la dispoziție, atât a celor din viața de zi cu zi, cât și a celor extrem de rare, dar potențial mortale, ca să le cuantificăm consecințele și, drept urmare, ca să le comparăm efectele. Aceasta nu este o sarcină simplă, pentru că trebuie să luăm în considerare o varietate de evenimente și procese. Mai mult, nu există un sistem de măsurare perfect pentru asta și nu poate exista un etalon universal pentru a compara riscurile omniprezente cu care se confruntă zilnic miliarde de persoane cu evenimentele extrem de rare care pot avea loc doar o dată la o sută, o mie sau chiar zece mii de ani, dar cu consecințe catastrofale la nivel global. În orice caz, asta voi încerca să fac.

Cuantificarea riscurilor din viața cotidiană

Pentru persoanele mai vârstnice, pericolul începe chiar înainte de a se trezi: atacurile de cord (infarctele miocardice acute) sunt mai des întâlnite și mai grave în perioada de tranziție de la întuneric la lumină.[33] Când se ridică din pat, unul dintre cele mai răspândite moduri în care bătrânii se accidentează este prin cădere. În SUA, în fiecare an au loc milioane de căzături accidentale, soldate cu vânătăi sau oase rupte — și peste 36 000 de decese, într-o măsură disproporționată în rândul persoanelor de peste 70 de ani și adesea producându-se nu la urcarea sau coborârea scărilor, ci pur și simplu fiindcă își pierd echilibrul sau se împiedică de marginea unui covor.[34] Și după ce ajungi în bucătărie sunt riscurile asociate cu mâncatul, de la Salmonella din ouăle gătite necorespunzător la reziduurile de pesticide din ceai (aceasta este o expunere minusculă dar, pentru cei care beau ceai neorganic, cotidiană).[35]

Când pleci de acasă cu mașina, poate că drumul e acoperit de polei sau un șofer drogat trece pe lumina roșie a semaforului. Pereții biroului tău ar putea încă să ascundă vechea izolație din azbest, iar instalația de aer condiționat defectă ar

putea să împrăștie bacteria Legionella. Ai putea să te infectezi cu gripă sezonieră de la colegii de serviciu sau (așa cum s-a întâmplat în 2020 — 2021, 2009, 1968 și 1957) cu un virus pandemic nou. S-ar putea să ai o reacție alergică severă la o alună rătăcită accidental într-o ciocolată fără alune. Dacă e anotimpul tornadelor în Texas sau Oklahoma, s-ar putea să te întorci de la serviciu ca să-ți găsești casa transformată într-un morman de moloz, iar dacă locuiești în Baltimore, nu poți să rămâi indiferent cu privire la rata omuciderilor, care este cu un ordin de mărime mai mare decât în Los Angeles, oraș celebru pentru bandele sale de infractori.[36] Și, întrucât foarte puține medicamente sunt fabricate în țară (în majoritate, ele vin din China și India), farmacia ta s-ar putea să nu-ți poată onora rețeta pentru că un lot contaminat a fost retras din distribuție.[37]

Iar datele detaliate privind mortalitatea specifică în funcție de vârstă și sex arată că motivele pentru (și de aici îngrijorările privind) îmbolnăvirile mortale se schimbă odată cu înaintarea în vârstă. Din ultimele statistici reiese că în rândul bărbaților din Anglia și Țara Galilor, bolile de inimă domină începând de la 50 de ani și până aproape de 80 de ani, iar pentru femei cancerul de sân devine cea mai temută boală în jurul vârstei de 35 de ani și rămâne așa până pe la 65 de ani; după aceea, cancerul pulmonar este cea mai răspândită cauză a morții în rândul femeilor, iar demența și boala Alzheimer au înlocuit recent bolile de inimă ischemice ca principală cauză a decesului pentru persoanele de ambele sexe și cu vârsta peste 80 de ani.[38]

Cuantificarea riscurilor comune pare a fi o întreprindere descurajantă. Cum să compari între ele riscul de a muri ca urmare a unei epidemii sezoniere de gripă deosebit de severă cu riscul unei accidentări mortale provocate de o ședință ocazională de caiac sau snowmobile; sau riscurile pe care le implică zborurile transpacifice frecvente cu riscul de a mânca în mod curent salată cultivată în California, care ar putea fi contaminată cu Escherichia coli? Și cum exprimăm riscurile fatale? Raportat la un număr standard de oameni (1 000, 1 milion) dintr-o populație afectată? Pe unitate de substanță periculoasă, pe unitate de timp de expunere sau pe unitate de concentrație ambientală?

Un sistem de măsurare uniform, capabil să subsumeze decesele și accidentările sau pierderile economice (ale căror totaluri pot să difere prin ordine de mărime între societăți diferite) și durerea cronică (ceva care rămâne în mod notoriu necuatificabil) este clar un obiectiv imposibil. Dar finalitatea morții oferă un numărător universal, definitiv și incontestabil, care poate fi folosit în evaluări de risc comparative. Cea mai simplă și mai evidentă cale de a face unele comparații

revelatoare este folosirea unui numitor standard și de a măsura între ele frecvențele anuale ale cauzelor morții pe 100 000 de oameni. Folosind statisticile din SUA (ultima analiză detaliată publicată se referă la anul 2017), ajungem la unele rezultate surprinzătoare.[39]

Omuciderile iau aproape tot atâtea vieți ca leucemia (6 față de 7,2), o mărturie duală privind progresele în tratarea acestui tip de cancer și extraordinara violență a societății americane. Căderile mortale ucid aproape tot atâția oameni ca și temutul cancer pancreatic în cazul căruia, după diagnosticare, pacienții mai trăiesc foarte puțin (un procent de 11,2 față de 13,5). Accidentele provocate de autovehicule răpun de două ori mai multe vieți (și, mai mult, unele mult mai tinere) decât diabetul (52,2 față de 25,7), iar otrăvirile accidentale și substanțele toxice fac mai multe victime decât cancerul de sân (19,9 față de 13,1). Dar aceste comparații folosesc același numitor (100 000 de oameni) fără să țină cont de durata expunerii la o anumită cauză a morții. Omuciderile pot să aibă loc (și chiar așa se întâmplă) în public și în privat, precum și în orice moment al zilei sau al nopții, așa încât suntem expuși la acest risc 24 de ore pe zi, 365 de zile pe an — dar accidentele rutiere (inclusiv cele care ucid pietoni) au loc doar atunci când o persoană conduce un vehicul, iar cei mai mulți dintre americani petrec doar circa o oră la volan în fiecare zi.

Un sistem de măsurare care ar oferi mai multe informații ar fi atunci folosirea ca numitor comun a timpului în care oamenii sunt afectați de un risc dat și compararea din perspectiva deceselor pe persoană pe oră de expunere — adică, durata în care un individ este supus, involuntar sau voluntar, unui anumit risc. Această abordare a fost introdusă în 1969 de Chauncey Starr în evaluarea făcută asupra beneficiilor sociale și riscurilor tehnologice și o consider în continuare preferabilă unei alte metrici generale — aceea a micromorților.[40] Aceste unități definesc o micro probabilitate, o șansă de deces de una la un milion pentru o anumită expunere și o exprimă pe un an, pe o zi, pe operații chirurgicale, pe zbor sau pe distanță parcursă — iar toți acești numitori neuniformi nu facilitează comparațiile cuprinzătoare.

Valorile generale ale mortalității (pe 1 000 de oameni) sunt bine monitorizate în lumea întreagă, atât pentru populație în general, cât și pentru fiecare sex, după grupuri de vârstă specifice.[41] Mortalitatea generală depinde în mare măsură de vârsta medie a populației. În 2019, media globală era de 7,6/1 000, în vreme ce mortalitatea în Kenya (în pofida unui nivel mai scăzut al nutriției și ocrotirii sănătății) era mai puțin decât jumătate din cea a Germaniei (5,4 față de 11,3),

pentru că vârsta medie de doar 20 de ani a Kenyei este mai puțin de jumătate din cei 47 de ani pentru Germania. Datele privind decesele cauzate de anumite boli sunt și ele disponibile — bolile cardiovasculare reprezentând un sfert din total în SUA (2,5 / 1 000), iar cancerele o cincime (2 / 1 000) — la fel ca informațiile cauzate de accidentări (pornind de la 1,4 pentru căderi și 1,1 pentru accidentele din mijloacele de transport, până la 0,7 pentru întâlnirile neașteptate cu animale și doar 0,03 pentru otrăvirile accidentale) și dezastrele naturale.[42]

Anul întreg (8 766 de ore când se face corecția pentru anii bisecți) este numitorul pentru mortalitatea generală, pentru bolile cronice și pentru dezastrele naturale de tipul cutremurelor sau erupțiilor vulcanice care se pot produce în orice moment. Dar pentru a calcula riscurile unor activități comune ca șofatul sau zborul cu avionul, trebuie să evaluăm mai întâi totalurile anumitor populații angajate în aceste activități și apoi să estimăm media anuală a orelor de expunere. Aceeași succesiune de operații se aplică și cuantificării riscurilor de deces într-un uragan sau o tornadă: cicloanele nu se produc în fiecare zi a anului și nu afectează în întregime țări mari.

Calcularea nivelului de referință, riscul mediu de mortalitate generală la nivelul populației sau în funcție de vârstă, este simplă. În 2019, mortalitatea generală (rata brută a deceselor) din țările înstărite (dezvoltate) este grupată în jurul valorii de 10/1 000, cu rate efective cuprinse între 8,7 pentru America de Nord și 10,7 pentru Japonia și 11,1 pentru Europa. Acea mortalitate anuală de 10/1 000 (cu 1 000 de oameni expuși decesului pentru 8 766 × 1 000 ore) se distribuie proporțional la 0,000001 sau 1×10-6 pe persoană pe oră de expunere. Bolile cardiovasculare sunt principala cauză a mortalității în toate țările bogate și reprezintă aproape un sfert din acel total (3 × 10-7). Gripa sezonieră comportă un risc cu un ordin de mărime mai mic (de obicei cam 2 × 10-8 și până la 3× 10-8), și chiar într-o țară predispusă la violențe ca Statele Unite, riscul de omucidere a scăzut de curând la 7 × 10-9 pe oră de expunere, jumătate din riscul de deces din cauza căderilor (1,4 × 10-8). Dar, așa cum am menționat deja, frecvența acestui din urmă tip de moarte accidentală este foarte neuniform distribuită, persoanele de peste 85 de ani având un risc de 3 × 10-7 în comparație cu doar 9 × 10-10 pentru cele de 25 — 34 de ani.[43]

Pentru a inversa sensul concluziei privind mortalitatea generală, în țările bogate riscul general de moarte naturală se ridică la 1 persoană dintr-un milion care moare în fiecare oră; în fiecare oră, 1 persoană din circa 3 milioane moare de o boală de inimă și una la aproximativ 70 de milioane moare ca urmare a unei

căderi fatale. Astfel de probabilități sunt suficient de scăzute și nu-l preocupă pe cetățeanul mediu al unei țări bogate. În mod inevitabil, cifrele specifice în funcție de sex și de vârstă sunt diferite. În vreme ce în Canada mortalitatea generală pentru ambele sexe este de 7,7 / 1 000, pentru bărbații tineri (20 — 24 de ani) este de doar 0,8 / 1 000, dar pentru bărbații de vârsta mea (75 — 79 de ani) este de 35 / 1 000, astfel încât riscul pentru grupa mea de vârstă este de 4 × 10-6 pe persoană pe fiecare oră de viață, de patru ori valoarea mediei populației.[44]

Înainte de a trece la cuantificarea riscurilor pentru activitățile voluntare, trebuie să clarific aspectul legat de pericolele asociate cu șederile în spitale. Ele sunt inevitabile, din cauza numeroaselor boli (și, în multe țări, de asemenea în creștere pentru operații cosmetice elective), iar fluxurile mari de pacienți cresc probabilitatea producerii de erori medicale. În 1999, în primul studiu dedicat erorilor medicale care pot fi prevenite s-a constatat că în Statele Unite, anual, se produc între 44 000 și 98 000 de asemenea erori.[45] A fost un total neliniștitor de mare — iar în 2016 un studiu nou a ridicat cifra la 251 454 cazuri în 2013 (și posibil la nu mai puțin de 400 000 decese), făcând din aceasta a treia cauză a mortalității în SUA în acel an, după bolile de inimă (611 000) și cancere (585 000) și înaintea bolilor respiratorii cronice (149 000).[46] Aceste rezultate, preluate pe larg în mass-media, implicau că în fiecare an 35 — 38% dintre toate decesele din spitalele țării erau cauzate de erorile medicale.

Când sunt prezentate astfel, lipsa de plauzibilitate a acelor afirmații devine ușor vizibilă: cu siguranță că erori din neatenție au loc, că omisiuni regretabile se întâmplă, dar ca ele să se ridice până la oriunde între cu puțin peste o treime și aproape trei cincimi din toate decesele din spitale ar face din medicina modernă o activitate extraordinar de ineptă, dacă nu de-a dreptul criminală. Din fericire, aceste rate ridicate ale mortalității nu au rezultat din lipsă de atenție, ci din erori în prelucrarea datelor.[47] Cel mai nou studiu privind mortalitatea asociată cu efectele adverse ale tratamentelor medicale (EATM) clarifică situația: au fost găsite 123 063 asemenea decese între 1990 și 2016 (în majoritate ca urmare a unor erori chirurgicale și perioperative), un declin de 21,4% la 1,15 morți EATM la 100 000 de oameni.[48]

Bărbații și femeile au rate similare, dar între state diferențele sunt semnificative, în California existând 0,84 morți EATM pe 100 000. În termeni absoluți, aceasta ar însemna o medie de circa 4 750 de decese pe an, mai puțin de 2% din cea mai joasă estimare publicată în 2016.[49] Translatată într-o metrică de risc comparativă,

aceasta rezultă în circa 1,3 × 10-6 decese pe oră de expunere, ceea ce înseamnă că orice bărbat vârstnic care citește această carte (al cărui risc de mortalitate generală este între 3 × 10-6 și 5 × 10-6) își va crește riscul de deces ca urmare a EATM cu nu mai mult decât circa 20 — 30% în timpul câtorva zile de ședere medie într-un spital american — iar aceasta, aș zice eu, este o concluzie foarte încurajatoare din perspectiva riscului!

Riscuri voluntare și involuntare

Cât de mult creștem aceste riscuri de referință sau riscurile asociate cu evenimente inevitabile, cum ar fi operațiile chirurgicale de urgență sau spitalizările scurte necesare pentru evaluări medicale, expunându-ne voluntar prin participarea la o mare varietate de activități mai mult sau mai puțin riscante? Și cât de mult ar trebui să ne îngrijoreze riscul involuntar inevitabil care rezultă din pericole naturale ce se întind de la cutremure de pământ la inundații?

După cum am menționat deja, acestea sunt categorii utile pentru evaluarea riscului, dar distincția dintre expunerile voluntare și cele involuntare nu este mereu evidentă. Există activități clar voluntare (de la „destul de" până la foarte riscante), cum ar fi fumatul sau sporturile extreme; și riscuri involuntare evident inevitabile, atât la nivel individual (inclusiv pericolul extrem de mic de a fi lovit de un meteorit), cât și la nivel colectiv, ba chiar la nivelul planetei (ciocnirea dintre Pământ și un asteroid fiind exemplul cel mai de frunte).

Dar multe expuneri riscante nu pot fi la fel de ușor atribuite, pentru că nu există o dihotomie clară între riscurile voluntare și cele involuntare: mersul cu mașina la serviciu poate fi o chestiune de alegere pentru o familie care și-a construit o casă de vis în suburbii, dar este o problemă de necesitate inevitabilă pentru milioane de oameni din America de Nord cu sistemele sale de transport în masă din cale-afară de defectuoase. Iar dacă un bărbat tânăr vrea să stea în Newfoundland, nu există atât de multe alegeri pe lângă aceea de a deveni pescar sau muncitor pe o platformă petrolieră masivă, ambele fiind ocupații mult mai riscante decât să se mute în Toronto, să învețe să facă programare pe calculator și să scrie aplicații într-un birou cu pereți de sticlă, departe de stâncile care ies din apă în Atlanticul de Nord.

Păstrând aceste complicații în minte, voi explica mai întâi riscurile asociate cu șofatul și zborul cu avionul, activități în care, la nivel mondial, sunt implicate sute de milioane de șoferi și de pasageri, iar în ultima vreme peste 10 milioane de călători pe calea aerului în fiecare zi. Pentru ambele activități, trebuie să începem prin a calcula exact numărul de decese și apoi să folosim supozițiile necesare pentru a defini populațiile afectate și timpul cumulat de expunere la un risc dat.

Pentru șofat, este evident timpul petrecut la volan (sau ca pasager). Pentru SUA avem totalurile distanțelor parcurse în fiecare an de toate vehiculele cu motor și de mașinile pentru pasageri (un total general recent a fost de circa 5,2 bilioane de kilometri anual) și, după ce a scăzut mulți ani la rând, numărul deceselor rezultate în urma accidentelor rutiere a urcat ușor la circa 40 000 pe an.[50] Pentru a estima timpul petrecut în deplasarea cu mașina, trebuie să parcurgem distanța parcursă la viteză medie — și, evident, această cifră poate fi doar o aproximare justificabilă, nu o determinare exactă. Vitezele inter-orașe prezintă mai puțină variație, dar vitezele urbane tind să scadă cu până la 40% în timpul orelor de vârf recurente. Presupunând o viteză combinată medie de 65 km/oră, obținem circa 80 de miliarde de ore de mers cu mașina anual în SUA, iar cu 40 000 de decese asta se traduce exact în 5 × 10-7 (0,0000005) decese pe oră de expunere. Nici dacă includem în numărul deceselor din trafic pietonii și trecătorii uciși de vehicule, nici dacă folosim alte viteze medii plauzibile (să spunem 50 sau 70 km/oră), ordinul de mărime nu s-ar schimba. Deplasarea cu mașina este cu un ordin de mărime mai periculos decât zborul cu avionul, iar în timpul în care o persoană conduce mașina, riscul mediu de a muri crește cu circa 50% față de statul acasă sau îngrijirea unei grădini (atât timp cât asta nu include urcatul pe o scară înaltă sau lucrul cu un motoferăstrău mare).

Iar pentru bărbații din grupa mea de vârstă, riscul pe care îl presupune șofatul crește cu doar 12% peste riscul general de deces. Riscurile șofatului în SUA prezintă de asemenea diferențe semnificative în funcție de sex și grupuri ale populației. Riscul pentru toată viața de a muri într-un accident rutier este de numai 0,34% pentru americancele de origine asiatică (1 din 291), dar 1,75% (1 din 157) pentru bărbații nativ-americani, în vreme ce riscul pentru toți indivizii este de 0,92% (1 din 109).[51] Desigur, în alte țări, ai căror cetățeni șofează mult mai puțin decât americanii și canadienii, dar în care incidența accidentelor este mult mai ridicată (acestea sunt de circa două ori mai răspândite în Brazilia, de trei ori mai multe în Africa sub-sahariană), riscurile cresc cu până la un ordin de mărime.[52]

Cursele aeriene programate, deja o activitate de risc scăzut la sfârșitul secolului trecut, au devenit apreciabil mai sigure în primele două decenii ale secolului al XXI-lea. Această concluzie rămâne în picioare în pofida unor tulburătoare pierderi recente, printre care dispariția, în continuare nerezolvată (și care probabil că nu va fi niciodată explicată) a zborului 370 al companiei Malaysia Airlines undeva deasupra Oceanului Indian în martie 2014, urmată de doborârea zborului 17 al aceleiași companii aeriene deasupra Ucrainei de Est în iulie 2014, și cele două prăbușiri ale noului Boeing 737 MAX — zborul 610 al companiei Lion Air în Marea Java (29 octombrie 2018) și zborul 302 al Ethiopian Airlines în apropiere de Addis Abeba (10 martie, 2019).[53]

Probabil că cea mai grăitoare modalitate de a compara decesele din industria aviatică este pe 100 de miliarde de pasageri-kilometri zburați. Această rată a fost de 14,3 în 2010, a atins un record minim de 0,65 în 2017, dar a crescut la 2,75 în 2019. Prin urmare, în 2019, zborul cu avionul a fost de peste cinci ori mai sigur decât în 2010 și de peste 200 de ori mai sigur decât la începutul epocii avioanelor de linie spre sfârșitul anilor 1950.[54] Exprimarea acestor decese în termeni de riscuri pe oră de expunere este destul de simplă. În perioada 2015 — 2019, totalul mediu al deceselor accidentale a fost de 292; mediile de 68 de bilioane de pasageri-kilometri zburați și de 4,2 miliarde de pasageri înseamnă că, în medie, pasagerii au zburat fiecare 1 900 de kilometri și au petrecut circa 2,5 ore în zbor; totalul de circa 10,5 miliarde de pasageri-ore petrecute în aer și cel de 292 de decese se traduce în 2,8 × 10-8 (0,000000028) decese pe persoană pe oră de zbor. Aceasta reprezintă doar circa 3% din riscul general al mortalității în timpul zborului, iar în cazul unui bărbat septuagenar, riscul în timpul zborului crește cu doar 1%. Orice persoană care călătorește frecvent cu avionul (și chiar într-o măsură mai mare o persoană vârstnică) ar trebui să-și facă mai multe griji cu privire la întârzierile neprevăzute, trecerea prin procedurile de securitate ale aeroportului, suportarea oboselii zborurilor pe distanțe lungi și adaptarea la efectele debilitante ale schimbării de fus orar.

La extremitatea opusă a spectrului riscurilor voluntare sunt activitățile a căror durată scurtă comportă o mare probabilitate de deces. Niciuna nu este mai riscantă decât săriturile de pe stânci, turnuri, poduri și clădiri. Cel mai serios studiu al acestei nebunii a „căutatului cu lumânarea“ a examinat o perioadă de 11 ani de sărituri de pe masivul Kjerag din Norvegia, unde 1 din fiecare 2 317 sărituri (9 în total) a avut ca rezultat moartea,[55] cu un risc mediu al expunerii de 4 $\times 10^2$ (0,04). Pentru comparație, în skydiving, un accident fatal se producea aproximativ la fiecare 100 000 de sărituri, dar ultimele date pentru SUA arată un

deces la fiecare 250 000 de sărituri. La o durată tipică a coborârii de cinci minute, riscul de expunere este de numai 5 × 10-5, care tot e mai mare de 50 de ori decât dacă stai pe scaun în acele cinci minute — dar este doar circa 1/1 000 din riscul asociat săriturilor de pe bază.[56] Și în acest caz, doar foarte puțini oameni sunt realmente conștienți de aceste cifre specifice, dar aproape toți oamenii (în afară de cei puțini cu toleranță la risc) se comportă ca și cum le-ar fi internalizat.

În 2020, în SUA, circa 230 de milioane de persoane dețineau un permis de conducere (riscul de expunere la volan este de 5 × 10-7 pe persoană pe oră); circa 12 milioane au făcut coborâri pe pârtiile de schi (2 × 10-7 în timpul coborârii); Asociația de Parașutism a Statelor Unite are circa 35 000 de membri (5 × 10-5 cât timp sunt în aer); Asociația de planorism și parapantism din SUA are circa 3 000 de membri și activitatea lor (în funcție de lungime, zborurile durează între 20 de minute și câteva ore) are un risc de deces între 10-4 și 10-3; iar cu toate că săriturile de pe bază au crescut în popularitate (îndeosebi în Norvegia și Elveția), în SUA este în continuare restrânsă la câteva sute de participanți, în special bărbați, care-și pun soarta la bătaie înfruntând un risc de deces de 4 × 10-2 în timpul căderilor lor scurte.[57] Relația accentuat invers proporțională dintre risc și participarea generală la o activitate este evidentă: numere mari de oameni sunt dispuși să riște un umăr dislocat sau o gleznă scrântită în timp ce schiază pe o pârtie bine amenajată; foarte puțini se încumetă să se arunce în gol de pe buza prăpastiei.

La final, câteva cifre esențiale referitoare la una dintre cele mai temute expuneri involuntare din perioada modernă: riscul de terorism. Între 1995 și 2017, 3 156 de oameni au murit în urma unor atacuri teroriste pe pământ american, cu 2 996 de decese (sau 85% din acel total) pe 11 septembrie 2001.[58] Riscul de expunere individuală pe tot cuprinsul țării a avut astfel o medie de 6 × 10-11 în timpul acestor 22 de ani, iar pentru Manhattan a fost cu două ordine de mărime mai mare, crescând riscul de a fi în viață pur și simplu cu o zecime de procent, o cantitate prea mică pentru a fi internalizată în mod semnificativ. În țările mai puțin norocoase, atacurile teroriste din ultima vreme și-au luat un tribut mult mai mare: în Irak în 2017 (cu peste 4 300 de morți) riscul a crescut la 1,3 × 10-8, iar în Afganistan în 2018 (7 379) la 2,3 × 10-8, dar chiar și această rată crește riscul fundamental de a fi în viață doar cu câteva procente și rămâne mai mic decât riscul pe care oamenii și-l asumă în mod voluntar conducând mașina (mai ales în locuri în care nu există benzi de circulație și cu reguli de circulație ad-hoc).[59]

Însă, oricât ar fi de corecte, aceste comparații mai arată și limitele inerente ale cuantificării obiective. Majoritatea oamenilor care fac naveta la serviciu cu automobilul șofează doar la anumite ore, petrec rareori mai mult de o oră sau o oră și jumătate pe zi pe șosea, merg pe rute familiare și (exceptând fenomenele meteo defavorabile sau un blocaj neașteptat în trafic) au sentimentul că dețin controlul. Prin contrast, în perioadele de vârf ale terorii, bombardamentele sau atacurile armate din Kabul sau Bagdad au avut loc la momente și intervale imprevizibile, în multe locuri publice — de la piețe la moschei — și nu exista nicio cale sigură de a evita complet astfel de pericole cât timp trăiești într-un oraș. Prin urmare, ratele de expunere mai scăzute la amenințările teroriste sunt însoțite de o măsură necuantificabilă de groază, atât de diferită calitativ de faptul de a fi preocupat de posibilitatea ca șoseaua să fie acoperită cu polei când mergi dimineața cu mașina la serviciu.

Pericole naturale: mai puțin riscante decât se vede la televizor

Și cum se compară pericolele naturale mortale recurente cu simplul fapt de a trăi și cu riscurile sporturilor extreme? Unele țări sunt supuse în mod repetat (dar nu foarte frecvent) la unul sau două tipuri de evenimente catastrofale — inundații și vânturi extrem de puternice în cazul Regatului Unit — în vreme ce Statele Unite trebuie să facă față în fiecare an multor tornade și inundațiilor extinse, în mod frecvent uraganelor (începând din anul 2000, aproape două uragane pe an au ajuns pe uscat dinspre larg) și căderilor masive de zăpadă, iar statele de pe coasta Pacificului sunt mereu supuse riscului unor cutremure de pământ majore și unor posibile tsunamiuri.[60]

În fiecare an, tornadele omoară oameni și distrug case, iar statisticile istorice detaliate ne ajută să calculăm cu exactitate riscurile de expunere. Între 1984 și 2017, 1 994 de oameni au fost uciși în 21 de state cu cea mai mare frecvență a acestor cicloane distructive (regiunea cuprinsă între Dakota de Nord, Texas, Georgia și Michigan, cu aproape 120 de milioane de locuitori), și circa 80% dintre decese au avut loc în șase luni ale anului, din martie până în august.[61]

Aceasta se traduce prin circa 3 × 10-9 (0,000000003)decese pe oră de expunere, un risc care este cu trei ordine de mărime mai scăzut decât simplul fapt de a trăi. Foarte puțini locuitori din statele lovite de tornade ale Americii sunt conștienți de această rată, dar ei înțeleg — așa cum și locuitorii altor regiuni sunt expuși la catastrofe naturale recurente — că probabilitatea de a fi ucis de o tornadă este suficient de mică și, în consecință, riscul de a locui în continuare în astfel de regiuni rămâne acceptabil. Imaginile pe larg ale distrugerilor provocate de tornadele puternice îi fac pe cei care văd aceste filmări și locuiesc în regiuni în care condițiile atmosferice sunt mai puțin violente să se întrebe de ce oamenii declară că își vor reconstrui casele în același loc. Dar astfel de decizii nu sunt nici iraționale, nici nesăbuit de riscante, și datorită lor milioane de oameni continuă să locuiască pe Aleea Tornadelor, care se întinde din Texas până în Dakota de Sud.

În mod remarcabil, calculele privind riscul de expunere la alte dezastre naturale des întâlnite din jurul lumii converg spre același ordin de mărime (10-9) sau ne dau chiar rate mai mici. Din nou, aceste rate medii scăzute de expunere la pericole mortale ne ajută să explicăm de ce țări întregi ajung să se împace cu ideea riscului mereu prezent de cutremure. Între 1945 și 2020, cutremurele de pământ din Japonia (care pot afecta orice parte a acestei țări insulare) au ucis circa 33 000 de oameni, mai mult de jumătate fiind consecința cutremurului și tsunamiului însoțitor din 11 martie 2011 (15 899 de decese și 2 529 persoane dispărute).[62] Dar pentru o populație care a crescut de la 71 de milioane în 1945 la aproape 127 milioane în 2020, rezultă circa 5 × 10-10 (0,0000000005) decese pe oră de expunere, cu patru ordine de mărime mai mică decât rata de mortalitate generală a țării. În mod evident, adăugarea lui 0,0001 la 1 nu poate constitui un factor decisiv care să schimbe evaluarea generală a riscurilor legate de viață.

Inundațiile și cutremurele din cele mai multe părți ale lumii comportă riscuri de expunere în majoritate de ordine cuprinse între 1 × 10-10 și 5 × 10-10, iar rata de după 1960 pentru uraganele americane (afectând potențial 50 de milioane de oameni din statele de pe coastă, de la Texas la Maine, și ucigând, în medie, cam 50 de oameni pe an) a fost de circa 8 × 10-11.[63] Aceasta este o rată remarcabil de scăzută — fie foarte similară, fie poate chiar mai scăzută decât ceea ce majoritatea oamenilor ar considera un risc natural extrem de mic: să fii omorât de un trăsnet. În anii din urmă, trăsnetele au ucis mai puțin de 30 de oameni pe an în SUA, iar când presupunem că pericolul respectiv poate apărea doar când stăm afară (în medie, câteva ore pe zi) și în cele șase luni din aprilie până în septembrie (când au loc 90% dintre toate trăsnetele), riscul se ridică la circa 1 ×

10-^{10}, în vreme ce extinderea perioadei de expunere la 10 luni îl coboară la valoarea de 7 × 10-11 (0,00000000007).[64]

Faptul că uraganele din SUA prezintă acum un risc de deces care nu e mai mare decât cel al trăsnetelor ilustrează faptul că efectele lor letale a fost reduse de sateliți, de avertizările publice în avans și de evacuări. În același timp, există motive de îngrijorare, căci atât frecvența anuală pe plan mondial a dezastrelor naturale, cât și costurile lor economice au crescut. Putem afirma asta cu un grad ridicat de încredere fiindcă cele mai mari companii de asigurări din lume (ale căror profituri și pierderi depind de aparițiile imprevizibile ale cutremurelor, uraganelor, inundațiilor și incendiilor) au monitorizat cu atenție tendințele acestor fenomene vreme de decenii.

Asigurările reprezintă o practică foarte veche de furnizare a unor diferite grade de compensare pentru o varietate de riscuri. În vreme ce asigurările de viață se bazează pe rate de supraviețuire foarte previzibile, asigurarea în caz de pericole naturale majore și imprevizibile forțează companiile de asigurări să împartă riscurile asociate cu astfel de dezastre prin procurarea de asigurări pentru ele însele. Ca rezultat, cele mai mari companii de asigurări din lume (Re din Elveția, Munich Re și Hannover Rueck din Germania, SCOR din Franța, Berkshire Hathaway din SUA și Lloyd’s din Regatul Unit) sunt entitățile care studiază cel mai asiduu catastrofele naturale deoarece însăși existența lor depinde de realizarea unor evaluări corecte. Pentru a evita creșterea pierderilor asigurate, ele nu trebuie să-și stabilească primele de asigurare pe baza unor cifre depășite, care să subestimeze riscurile viitoare.

Numerele tuturor catastrofelor naturale înregistrate de Munich Re arată fluctuații așteptate de la an la an, dar tendința crescătoare a fost inconfundabilă: o creștere lentă între 1950 și 1980, o dublare a frecvenței anuale între 1980 și 2005 și o creștere cu circa 60% între 2005 și 2019.[63] Pierderile economice totale (reflectând sarcini excepționale izvorâte din dezastre majore) prezintă fluctuații anuale și mai mari și o tendință de creștere chiar mai abruptă. Dacă se măsoară în bani ajustați la inflație la nivelul lui 2019, recordul de dinainte de 1990 a fost de circa 100 de miliarde de dolari, în vreme ce 2011 a stabilit un record al tuturor timpurilor de puțin peste 350 de miliarde de dolari, iar acel total a fost aproape repetat în 2017. Pierderile asigurate s-au situat în cea mai mare parte între 30 și 50% din totalul pierderilor, atingând în 2017 un record de aproape 150 de miliarde.

Până în anii 1980, efectele crescânde ale dezastrelor au fost atribuite în principal expunerii mai mari (rezultând din creșterea populațiilor și a economiilor) și, cu toate că această tendință se menține — există mai mulți oameni cu mai multe proprietăți asigurate, care locuiesc în regiuni predispuse la dezastre — în deceniile din urmă s-au înregistrat schimbări privind pericolele naturale: o atmosferă mai caldă menține mai mulți vapori de apă (crescând riscurile de precipitații extreme); secetele prelungite din unele regiuni cauzează incendii recurente de o durată și o intensitate extreme. Multe modele prognozează acum o intensificare și mai mare a acestor tendințe, dar mai știm că multe măsuri eficiente — de la stabilirea unor zone de excluziune și refacerea zonelor mlăștinoase la legiferarea codurilor urbanistice — pot fi luate pentru a reduce impactul acestora.

Pentru a obține riscuri și mai mici din expunerile la pericole naturale sau artificiale, trebuie să căutăm evenimente cu adevărat excepționale, cum ar fi oameni uciși de căderile unor meteoriți sau de resturile provenite de la numărul tot mai mare de sateliți aflați pe orbite în jurul Pământului. Un raport al Consiliului Național de Cercetare al SUA a estimat că, dată fiind cantitatea de deșeuri spațiale care ajung pe Pământ, ar trebui să se producă 91 de decese pe an — iar asta ar implica aproximativ 1 × 10-12 decese pe oră de expunere pentru populația de 7,75 de miliarde a globului. În realitate, începând din 1900 nu s-a înregistrat niciun astfel de deces și doar de curând prima dovadă scrisă despre un meteorit care a ucis un om (și l-a lăsat pe altul paralizat) a fost descoperită printre manuscrisele de la Directoratul General al Arhivelor de Stat ale Imperiului Otoman: evenimentul a avut loc pe 22 august 1888, în localitatea numită acum Sulaumaniyah din Irak.[66] Dar chiar dacă o persoană ar fi ucisă în fiecare an, rata ar fi de numai 10-14 — sau cu opt ordine de mărime mai mică (1/100 000 000 din valoare) decât cea corespunzătoare simplului fapt de a trăi, așa încât în mod clar nu e un motiv de îngrijorare.[67] Cât despre reziduurile spațiale aflate pe orbită, în 2019 existau circa 34 000 de bucăți mai mari de 10 centimetri și de peste 25 de ori mai multe fragmente măsurând 1 — 10 centimetri. Toate aceste fragmente se dezintegrează la reintrarea în atmosferă, dar chiar și bucățile mici prezintă riscuri de coliziune în spațiul tot mai aglomerat al primei orbite.[68]

Sfârșitul civilizației noastre

Când ne gândim la riscurile rare, dar cu adevărat extraordinare, care au efecte la nivel planetar și, chiar mai mult, când contemplăm evenimentele catastrofale care ar putea să vatăme grav sau chiar să pună capăt civilizației moderne, facem aceste lucruri de pe un plan mental cu totul diferit: acele riscuri reale (chiar dacă sunt foarte mici) aparțin unei categorii de percepție foarte diferite. La fel ca în cazul oricărui eveniment care ar putea avea loc într-un viitor posibil, dar foarte îndepărtat, le subestimăm efectul și, după cum ne-a demonstrat din nou pandemia din 2020, suntem nepregătiți cronic să abordăm chiar și acele riscuri a căror recurență se măsoară în decenii, darămite în secole sau milenii.

Riscurile cu impact cu adevărat planetar intră în două categorii foarte diferite: pandemiile virale relativ frecvente, care pot face un număr considerabil de victime în doar câteva luni sau câțiva ani; și catastrofele naturale excepțional de rare, dar neobișnuit de mortale, care pot avea loc în intervale de timp scurte (de câteva zile, ore sau secunde), dar ale căror consecințe ar putea să persiste nu doar timp de secole, ci chiar timp de milioane de ani, depășind cu mult orice orizonturi civilizaționale. Dacă o supernova din apropiere ar exploda și ar inunda Pământul cu doze letale de radiație de la razele cosmice, am avea suficient timp (între sosirea luminii și răspândirea radiației) ca să improvizăm niște adăposturi pentru cea mai mare parte a populației globului?[69] Dar ar trebui asta să fie o preocupare, până la urmă?

O explozie care să deterioreze stratul de ozon al Pământului ar trebui să aibă loc la mai puțin de 50 de ani-lumină depărtare, dar toate stelele „apropiate“ de noi care ar putea să explodeze se află la o distanță mult mai mare și, cu toate că o rafală de radiații gamma ar putea afecta planeta noastră de la 10 000 de ani-lumină o dată la fiecare 15 milioane de ani, cea mai apropiată asemenea explozie înregistrată a fost la 1,3 miliarde de ani-lumină distanță.[70] În mod clar, acest risc aparține unei categorii în mare parte academice — în loc să încercăm să ghicim când s-ar putea întâmpla, ar trebui, dată fiind frecvența unor astfel de evenimente, să întrebăm: o să ajungă vreo civilizație extraterestră în preajma noastră în, să spunem, 150 000 sau într-o jumătate de milion de ani? Deși, prin comparație, ar fi un eveniment mai probabil, calcularea riscului unei viitoare ciocniri inevitabile a Pământului cu un asteroid este un alt exercițiu în incertitudini și supoziții ale căror particularități sunt extraordinar de importante. Ciocniri cu asteroizii sau comete mari au avut loc în trecut și vor mai avea loc în viitor — dar presupunem că o ciocnire majoră are loc la fiecare 100 000 de ani

sau o dată la fiecare 2 milioane de ani?[71]

Pe o scară de timp geologică, acestea sunt intervale de timp relativ scurte, dar sunt mult prea lungi pentru vreun calcul lămuritor al riscurilor probabile pe an (ca să nu mai vorbim despre „pe oră de expunere“). Mai mult, consecințele la nivel planetar ar fi foarte diferite dacă un astfel de obiect ar cădea în Oceanul Pacific sau în apropiere de Antarctica, decât dacă ar lovi Europa de Vest sau estul Chinei. În primul caz, mare parte din daune s-ar produce în urma unui tsunami monstruos, dar (în funcție de dimensiunea asteroidului) e posibil ca în atmosferă să ajungă o cantitate mică de praf. În al doilea și în al treilea caz, impactul ar distruge instantaneu mari concentrări ale populației și activității industriale și ar arunca în atmosferă mase enorme de rocă pulverizată, creând o răcire pronunțată la nivelul întregii planete.

Americanii n-ar trebuit să-și facă griji nici în privința supernovelor sau asteroizilor, dar dacă vor să se sperie pe ei înșiși gândindu-se la o catastrofă naturală inevitabilă (și încă una care să se producă în unul dintre locurile mult iubite ale țării!), atunci ar trebui să ia în considerare o nouă megaerupție a supervulcanului Yellowstone.[72] Dovezile geologice arată că în ultimele 15 milioane de ani au avut loc nouă erupții, cu ultimele trei erupții cunoscute producându-se cu 2,1 milioane de ani, 1,3 milioane și 640 000 de ani în urmă. Bineînțeles, datarea a doar trei evenimente nu oferă nicio bază pentru a prezice vreo periodicitate, dar un gând tot se strecoară în minte: dacă luăm intervalul mediu dintre erupții de 730 000 de ani, am mai avea la dispoziție 90 000 de ani de așteptare, dar dacă primul interval a fost de 800 000 de ani, iar al doilea de 660 000 de ani, atunci o scurtare similară ar arăta că următorul interval ar urma să fie de 520 000 de ani — așa încât termenul pentru o nouă erupție ar fi deja depășit cu 100 000 de ani!

Și, oricare ar fi intervalul, consecințele ar depinde de magnitudinea erupției, de durata ei și de vânturile dominante. Ultima erupție a eliberat circa 1 000 de kilometri cubi de cenușă vulcanică, iar vânturile predominant nord-vestice aveau să poarte norul deasupra statului Wyoming (unde depozitele cele mai adânci ar putea fi groase de câțiva metri), Utah și Colorado și mai departe în Marile Câmpii, afectând statele de la Dakota de Sud la Texas și îngropând o parte din cel mai productiv teren agricol sub 10 — 50 de centimetri de cenușă. Combinația dintre avertizarea timpurie (ca urmare a monitorizării constante a activității seismice) și o erupție prelungită dar mai slabă ar putea face posibilă evacuarea la scară largă, caz în care pierderile de locuințe, infrastructură și terenuri cultivabile

ar fi mult mai mari decât victimele imediate. Un strat subțire de cenușă vulcanică depusă ar putea fi îngropat în sol (și chiar să-i crească fertilitatea), dar straturile mai groase ar fi greu de îndepărtat și ar reprezenta pericole suplimentare după ce ploile și topirea zăpezii le-ar disloca, ceea ce ar avea ca rezultat formarea de mâl și inundații, creând probleme pentru deceniile viitoare.

Poate cel mai bun exemplu de risc natural care nu ar ucide în mod direct pe nimeni, dar ar cauza distrugeri la nivelul întregii planete și ar provoca un număr mare de victime indirecte, este posibilitatea unei furtuni geomagnetice catastrofale cauzate de o ejecție de masă coronară.[73] Corona este stratul exterior al atmosferei Soarelui (poate fi observat fără instrumente speciale doar în timpul unei eclipse solare totale) și este, paradoxal, de sute de ori mai fierbinte decât suprafața Soarelui. Ejecțiile de masă coronară sunt expulzări uriașe (miliarde de tone) de material accelerat exploziv, care poartă cu el un câmp magnetic încorporat, a cărui forță o depășește cu mult pe cea a vântului solar de fond și a câmpului magnetic interplanetar. Ejecțiile coronare încep cu răsucirea și reconfigurarea câmpului magnetic în partea de jos a stratului; ele produc explozii solare și se pot deplasa (extinzându-se în timp ce avansează) cu viteze de aproape 3 000 km/s (atingând Pământul în numai 15 ore).

Cea mai mare ejecție de masă coronară cunoscută a început în dimineața zilei de 1 septembrie 1859, în timp ce Richard Carrington, un astronom britanic, observa și desena o pată solară de mari dimensiuni care emitea o explozie solară apreciabilă, în formă de rinichi.[74] Aceasta s-a întâmplat înainte de primele telefoane (1877) și cu peste două decenii înainte de prima generare comercială centralizată de electricitate (1882), așa încât efectele notabile au fost doar apariții ale unor aurore intense și distrugeri ale noii rețele de telegraf aflate în plină extindere și a cărei instalare începuse în anii 1840: firele scoteau scântei, mesajele erau întrerupte sau continuau în moduri bizar trunchiate, operatorii sufereau șocuri electrice și s-au declanșat accidental și unele incendii.

Câteva dintre cele mai de impact evenimente ulterioare au avut loc între 2 octombrie și 1 noiembrie 1903 și 13 — 15 mai 1921, când extinderea legăturilor telefonice cu fir și a rețelelor de electricitate era încă destul de limitată chiar și în Europa și America de Nord, și foarte puțin prezentă în alte locuri. Dar am avut o avanpremieră a ceea ce ar putea face astăzi o ejecție de masă coronară în martie 1989, când un eveniment mult mai mic (non-Carrington) a dat peste cap toată rețeaua care alimenta cele șase milioane de locuitori ai orașului Quebec timp de nouă ore.[75] După mai bine de trei decenii, am devenit mult mai vulnerabili: nu

trebuie să ne gândim decât la toată infrastructura electronică, de la telefoane mobile la e-mail, la operațiunile bancare internaționale și la navigația ghidată prin GPS a tuturor vaselor și aeronavelor, iar acum și a zecilor de milioane de automobile.

Am afla despre un astfel de fenomen înainte să ne lovească. Supravegherea permanentă a activității solare ar detecta instantaneu orice ejecție de masă și ne-ar avertiza cu cel puțin 12 — 15 ore înainte de șoc. Dar numai când ejecția ar ajunge în punctul în care am plasat Observatorul Solar și Heliosferic (SOHO), cam la 1,5 milioane de kilometri depărtare de Pământ, am putea să-i evaluăm intensitatea, iar în acel moment timpul de reacție s-ar reduce la mai puțin de o jumătate de oră, probabil chiar la doar 15 minute.[76] Chiar dacă daunele provocate ar fi limitate, tot ar însemna ore sau zile de comunicații și funcționări de rețea electrică întrerupte și o furtună geomagnetică masivă ar tăia toate aceste legături la scară planetară, lăsându-ne fără electricitate, fără informații, fără transporturi, fără capacitatea de a face plăți cu cardul sau retrageri de bani din bănci.

Ce ne-am face dacă refacerea completă a tuturor acestor infrastructuri vitale, dar grav avariate, ar dura ani, poate chiar un deceniu? Estimările privind daunele globale diferă printr-un ordin de mărime, de la 2 bilioane la 20 de bilioane de dolari[77] — dar asta se referă doar la costuri, nu la valoarea vieților pierdute în timpul intervalului prelungit fără comunicații, iluminat, aer condiționat, echipamente spitalicești, refrigerare și producție industrială (și, în consecință, fără inputuri adecvate în agricultură).

Dar există și vești bune. Un studiu din 2012 a estimat că producerea unui alt Eveniment Carrington în următorii zece ani ar avea o probabilitate de 12% — sau o șansă din opt, și a subliniat că prezența rară a acestor evenimente extreme face ca rata lor de producere să fie dificil de estimat, „iar prezicerea unui anumit eveniment viitor este practic imposibilă“.[78] Dată fiind această incertitudine, nu este surprinzător că în 2019 un grup de cercetători din Barcelona a calculat că riscul nu este mai mare de 0,46 — 1,88% pe parcursul anilor 2020 și prin urmare chiar și rata cea mai mare ar însemna șanse de 1 la 53, o probabilitate considerabil mai liniștitoare.[79] Iar în 2020, un grup de la Carnegie Mellon a oferit o estimare și mai scăzută, punând o probabilitate decadală (10 ani) ca fiind între 1% și 9% pentru un eveniment având cel puțin amploarea marelui eveniment din 2012, și între 0,02% și 1,6% pentru amploarea Evenimentului Carrington din 1859.[80] Deși mulți experți cunosc foarte bine aceste posibilități și faptul că potențialele consecințe ar fi enorme, este în mod clar unul dintre acele riscuri

(similar unei pandemii) pentru care nu vom putea fi niciodată pregătiți în mod adecvat: va trebui să sperăm că următorul eveniment de ejecție coronară nu va egala sau depăși Evenimentul Carrington.

Chiar dacă nu este ceea ce vrea lumea să audă în prezent, adevărul nefast este că pandemiile virale vor reapărea în mod garantat cu o frecvență relativ ridicată și, deși au în mod inevitabil caracteristici comune, ele sunt imprevizibil de specifice în impactul pe care îl au. La începutul anilor 2020, în lume trăiau circa un miliard de oameni cu vârsta peste 62 de ani și toți trecuseră prin trei pandemii virale în cursul vieții lor: 1957–1959 (H2N2), 1968–1970 (H3N2), și 2009 (H1N1).[81] Cea mai bună reconstrucție a mortalității totale pentru pandemia din 1957 — 1959 a fost de 38/100 000 (1,1 milioane de morți la o populație globală de 1,87 miliarde), pandemia din 1968 — 1970 a avut o mortalitate de 28/100 000 (1 milion de morți, populație globală de 3,55 miliarde), în vreme ce evenimentul din 2009 a avut o virulență joasă și o mortalitate nu mai mare de 3/100 000 (circa 200 000 de morți; populație globală de 6,87 miliarde).[87]

Apariția următorului eveniment era doar o chestiune de timp, dar după cum am mai spus, nu suntem niciodată pregătiți pentru aceste pericole cu frecvență relativ joasă. În clasificarea celor mai mari riscuri globale pe care Forumul Economic Mondial a făcut-o anual între anii 2007 și 2015, prăbușirea prețului activelor, crizele financiare și o cădere majoră a sistemului financiar au fost în frunte de opt ori (evident, ecouri ale crizei din 2008) și crizele legate de apă o dată, în vreme ce pericolul pandemic nu a apărut nici măcar o singură dată în primele trei riscuri.[83] Cam atât se poate spune despre previziunile colective ale decidenților planetei! Iar când COVID-19 (provocată de SARS-CoV-2) a sosit, Organizația Mondială a Sănătății a așteptat până pe 11 martie 2020 ca să proclame o pandemie globală, iar primele ei recomandări (reluate de multe guverne) erau împotriva suspendării zborurilor internaționale și împotriva purtării măștilor.[84]

Evident, vom putea să cuantificăm mortalitatea totală a COVID-19 abia după ce această ultimă pandemie se încheie. Între timp, cea mai bună metodă de evaluare a poverii pandemice recurente este să o comparăm cu mortalitatea provocată de probleme respiratorii asociată cu gripa sezonieră globală. Cea mai detaliată evaluare pentru anii 2002 — 2011 a arătat o medie de 389 000 de decese (cu valori cuprinse între 194 000 și 518 000), după excluderea sezonului pandemic 2009.[85] Aceasta înseamnă că gripa sezonieră reprezintă cam 2% din toate decesele anuale provocate de probleme respiratorii și că mortalitatea ei

reprezintă în medie 6/100 000 — sau 15 — 20% din ratele deceselor înregistrate în ultimele două pandemii ale secolului trecut (1957 — 1959 și 1968 — 1970). Dintr-o perspectivă inversată, prima pandemie a provocat un număr de victime de peste șase ori mai mare, iar a doua de aproape cinci ori mai mare decât tributul în vieți omenești luat de gripa sezonieră.

Mai mult, se remarcă o diferență importantă în mortalitatea specifică în funcție de vârstă. Aproape fără excepție, mortalitatea gripei sezoniere afectează într-o măsură mult mai mare persoanele vârstnice, 67% dintre decese fiind din rândul celor de peste 65 de ani. Prin contrast, abominabilul val secund al pandemiei din 1918 a lovit în mod disproporționat persoanele de treizeci și ceva de ani, iar pandemia din 1957 — 1959 a avut o frecvență în formă de U a mortalității, afectând disproporționat copiii de 0 — 4 ani și vârstnicii de peste 60 de ani; în vreme ce mortalitatea cauzată de COVID-19 a fost, similar cu gripa sezonieră, puternic concentrată în grupa de vârstă de peste 65 de ani, în special în rândul celor cu comorbidități semnificative, și a lăsat neafectați copiii, un fapt remarcabil.[86]

Știm că multe morți în exces printre persoanele vârstnice nu pot fi prevenite: este o parte din prețul pe care trebuie să-l plătim pentru eforturile încununate de succes prin care am mărit speranța de viață (în multe țări bogate cu peste 15 ani față de anii 1950).[87] Pe un certificat de deces poate scrie COVID-19 sau pneumonie virală, dar asta este doar etichetarea proximă — cauza adevărată este că majoritatea oamenilor nu au fost concepuți să trăiască fără probleme de sănătate subiacente în timp ce tot forțăm limitele speranței de viață. Datele provizorii privind COVID-19 publicate de CDC stabilesc clar acest lucru: în timpul săptămânii de vârf a mortalității cauzate de COVID-19 în SUA (care s-a sfârșit pe 18 aprilie 2020), oamenii de peste 65 de ani au suferit 81% din toate decesele, iar cei mai tineri de 35 de ani, doar 0,1%.[88] Situația este foarte diferită de pandemia din anii 1918 — 1920, când au murit 50 de milioane de oameni. Știm acum că majoritatea acelor decese a fost cauzată de pneumonia bacteriană: circa 80% dintre culturile prelevate din țesuturile pulmonare conservate conțineau bacterii care au provocat infecția pulmonară secundară — la acea dată, cu aproape un sfert de secol înainte ca antibioticele să devină disponibile, nu aveam niciun tratament pentru acea boală.[89]

Mai mult, bolnavii de tuberculoză aveau o probabilitate mai mare decât alții să moară de gripă, iar această legătură ne ajută și să explicăm mortalitatea neobișnuită a pandemiei din 1918 — 1920 în rândul persoanelor de vârstă

mijlocie, ca și preponderența ei la bărbați (ca urmare a incidenței diferențiate a tuberculozei).[90] Dat fiind că tuberculoza a fost în esență eradicată în țările bogate, iar pneumonia se poate trata cu antibiotice, putem să evităm reapariția unor rate de mortalitate ridicate, dar chiar și cu campaniile noastre anuale de vaccinare contra gripei nu putem preveni mortalitatea sezonieră semnificativă, iar supraviețuirea persoanelor celor mai vârstnice va fi mereu pusă la încercare de fiecare dată când se produce o pandemie globală.

Acesta este un risc în mare parte autoprovocat, reversul creșterii speranței de viață, și îl putem minimiza izolându-i pe cei mai vulnerabili dintre noi și dezvoltând vaccinuri mai eficiente — dar nu îl putem elimina.

Unele atitudini durabile

În ceea ce privește riscul, multe truisme par a fi permanente. Ca indivizi, putem exercita un oarecare control. Multor oameni nu li se pare dificil să se abțină de la fumat sau de la consumul de alcool și droguri, și preferă să stea acasă decât să plece într-o croazieră împreună cu 5 000 de pasageri și 3 000 de membri ai echipajului în toiul unei epidemii de coronavirus sau noro-virus. Alții tânjesc după toate cele de mai sus și nu caută să reducă nici măcar riscurile care ar fi cel mai simplu — și mai puțin costisitor — de redus. Să-ți pui mereu centura de siguranță, să nu depășești niciodată viteza maximă legală, să conduci mașina defensiv și să instalezi senzori de fum, monoxid de carbon și de gaze naturale în locuință sunt modalități gratuite sau foarte ieftine de a reduce riscurile legate de șofat sau de traiul în construcții încălzite prin arderea combustibililor fosili.

Mai mult, celor mai mulți dintre oameni și majorității guvernelor li se pare dificil să gestioneze evenimentele cu probabilitate mică, dar cu impact mare (reflectat în pierderi mari). Să închei o asigurare de bază pentru locuințe este un lucru (adesea e obligatoriu); să investești în construcții rezistente la cutremure — fie ca individ, fie ca societate — pentru a minimiza efectele a ceea ce probabil că ar fi un eveniment petrecut o dată într-un secol este cu totul altceva. California a subvenționat programul de recondiționare seismică destinat caselor construite înainte de 1980 (ancorând sau ancorând și fixând casele de fundațiile lor, în conformitate cu legea construcțiilor din 2016) — dar majoritatea jurisdicțiilor

confruntate cu riscuri seismice similare nu au făcut acest lucru.[91]

Dar multe expuneri sunt dificile, dacă nu chiar imposibil de evitat, deoarece (cum am afirmat deja) în unele cazuri nu există o dihotomie clară între riscurile voluntare și cele involuntare. Și în cea mai mare parte riscurile scapă de sub controlul nostru. Nu ne putem alege părinții și, prin urmare, nu putem evita o predispoziție genetică la un mare număr de boli comune sau rare, inclusiv unele forme de cancer, diabet, probleme cardiovasculare, astm și câteva tulburări autozomale recesive, printre care fibroza chistică, anemia cu celule falciforme și boala Tay-Sachs.[92] Pentru a reduce riscurile asociate cu toate dezastrele locale sau regionale, ar trebui să eliminăm din categoria regiunilor locuibile zone mari ale planetei — în special cele supuse la megacutremure și erupții vulcanice recurente (Cercul de Foc al Pacificului), vânturi ciclonice distructive și inundații catastrofale.[93]

Dat fiind că acest lucru este în mod evident imposibil pe o planetă tot mai aglomerată, singura cale de a crește șansele de supraviețuire în acele condiții este să se ia măsuri de precauție — clădirile protejate seismic (consolidate cu oțel) nu îi vor îngropa pe locatari în timp ce construcțiile din jur se prăbușesc; adăposturile contra tornadelor vor salva familii care apoi își vor reconstrui locuințele făcute una cu pământul — și să se implementeze sisteme eficiente de avertizare timpurie și planuri de evacuare în masă pentru a reduce pierderile de vieți omenești cauzate de cicloane, inundații și erupții vulcanice. În vreme ce astfel de măsuri ar putea salva nu doar sute, ci sute de mii de vieți, posibilitățile noastre de apărare sunt limitate sau chiar cu totul inexistente împotriva unor catastrofe gigantice, cum ar fi tsunamiurile declanșate de cutremurele de pământ masive sau mega-erupțiile vulcanice, și a unor perioade de secetă regională prelungită ca urmare a ciocnirii Pământului cu un asteroid sau o cometă.

Un alt set de truisme se aplică evaluărilor pe care le facem în privința riscurilor. De obicei, subestimăm riscurile voluntare și familiare, dar exagerăm în mod repetat expunerile involuntare și nefamiliare. Supraestimăm în mod constant riscurile izvorâte din experiențele șocante recente și subestimăm riscul unor evenimente după ce se estompează în memoria noastră colectivă și instituțională.[94] După cum am menționat deja, circa un miliard de oameni au trecut prin trei pandemii în timpul vieții lor, dar când a izbucnit pandemia COVID-19, referințele s-au făcut în mod covârșitor la episodul din 1918, pentru că cele trei pandemii mai recente (dar mai puțin letale) — spre deosebire de mult temuta frică de poliomielită din anii 1950 sau de SIDA din anii 1980 — au lăsat

impresii dintre cele mai superficiale sau nu au lăsat niciun fel de impresie.[95]

Această amnezie are niște explicații evidente. Pandemia din 2009 a fost în esență imposibil de distins de o gripă sezonieră și nici în cele din anii 1957 — 1959 sau din 1968 — 1970 nu am recurs la lockdownuri complete la nivel național sau continental. Statisticile ajustate la inflație privind producția economică mondială sau a Statelor Unite nu a arătat vreo inversare a ratelor de creștere pe termen lung în niciuna dintre pandemiile din a doua jumătate a secolului XX.[96] Mai mult, acest din urmă episod a coincis cu o expansiune semnificativă a curselor aeriene intercontinentale: primul avion de linie cu fuzelaj larg, Boeing 747, a zburat pentru prima dată în 1969.[97] Și, probabil cel mai important aspect, nu aveam televiziuni de știri cu program nonstop cu atașamentul lor morbid față de anunțarea ultimelor statistici legate de numărul victimelor, nici internetul doldora de afirmații ridicole privind cauzele și tratamentele și de teorii ale conspirației și, în consecință, niciunul dintre mijloacele anistorice, dar isterice de difuzare a știrilor din epoca modernă.

Așa cum COVID-19 a demonstrat încă o dată (și la o scară care trebuie să-i fi surprins chiar și pe cei care nu se așteaptă niciodată la vești bune), suntem mereu surprinși nepregătiți pentru a gestiona riscurile recurente cu impact mare, dar cu frecvență relativă joasă, cum ar fi pandemiile virale, care au loc o dată într-un deceniu, o dată în decursul unei generații sau o dată într-un secol. Și atunci cum am face față (lăsând la o parte toate rapoartele și analizele) unui nou Eveniment Carrington sau unui asteroid care ar lovi oceanul în apropierea Insulelor Azore și ar provoca un tsunami circumatlantic masiv de aceeași magnitudine precum acela cauzat de cutremurul Tohoku din 2011 — adică, înalt de până la 40 de metri și ajungând până la 10 kilometri în interior?[98]

Iar lecțiile pe care le desprindem din urmările evenimentelor catastrofale majore nu sunt deloc raționale. Exagerăm probabilitatea recurenței lor și respingem orice aducere aminte a faptului că (lăsând la o parte șocul) efectele lor efective la nivel uman și economic au fost comparabile cu consecințele multor riscuri ale căror consecințe cumulate nu au dat naștere unor preocupări extrem de serioase în acest sens. Prin urmare, teama de alte atacuri teroriste grave a determinat Statele Unite să ia măsuri extreme pentru prevenirea lor. Acestea au inclus războaie care au costat multe bilioane de dolari în Afganistan și Irak, împlinind dorința lui Osama bin Laden de a atrage țara în conflicte năucitor de asimetrice care aveau să-i erodeze forța pe termen lung.[99]

Reacția populației la riscuri este ghidată mai mult de o teamă de ceea ce este nefamiliar, necunoscut sau prost înțeles, decât de orice evaluare comparativă a consecințelor reale. Când sunt implicate astfel de reacții emoționale puternice, oamenii se concentrează excesiv pe posibilitatea unui rezultat temut (moartea în urma unui atac terorist sau a unei pandemii virale), decât pe a încerca să țină cont de probabilitatea ca un astfel de rezultat să se producă.[100] Teroriștii au exploatat mereu această realitate, forțând guvernele să ia măsuri extrem de costisitoare pentru a preveni alte atacuri, neglijând în mod repetat să ia măsuri care ar fi putut salva mai multe vieți la un cost mult mai scăzut pe fiecare moarte evitată.

Nu există ilustrare mai bună a neglijării măsurilor ieftine de salvare a vieților decât atitudinea americanilor față de violența armată. Nici cele mai șocante reiterări ale omuciderilor în masă, prea bine cunoscute de toată lumea (întotdeauna primul meu gând se duce către cei 26 de oameni, dintre care 20 de copii de șase și șapte ani, împușcați în 2012 în Newtown, Connecticut) nu au reușit să modifice legislația, iar în al doilea deceniu al secolului al XXI-lea circa 125 000 de americani au fost uciși de arme (totalul omuciderilor, excluzând sinuciderile): această cifră este echivalentul populației din Topeka, Kansas sau Athens, Georgia sau Simi Valley, California — sau a orașului german Göttingen.[101] Prin contrast, 170 de americani au murit în toate atacurile teroriste din SUA din al doilea deceniu al secolului XXI, o diferență de aproape trei ordine de mărime. [102] Când comparăm această cifră cu accidentele rutiere, numărul victimelor este distribuit și mai neuniform: așa cum am văzut mai sus, în comparație cu femeile asiatice americane, în cazul bărbaților nativi americani există o probabilitate de cinci ori mai mare să moară în mașinile lor, dar în cazul bărbaților afro-americani există o probabilitate de 30 de ori mai mare să fie uciși de o armă de foc.[103]

Am vreo concluzie la finalul acestui capitol? Poate că da, cu condiția să recunoaștem aceste realități fundamentale: să cerem o existență lipsită de riscuri înseamnă să cerem ceva aproape imposibil — în timp ce strădania de minimizare a riscurilor rămâne principala motivație a progresului uman.

Capitolul 6

Să înțelegem mediul înconjurător

Singura biosferă pe care o avem

Subtitlul acestui capitol este deliberat preventiv. Refuz să iau în considerare orice posibilitate pe termen scurt de a părăsi Pământul și de a înființa o civilizație pe o altă planetă. Fac asta deoarece, în această lume post-factuală, ideile despre găsirea în scurt timp a unui nou sălaș celest — în special, terraformarea lui Marte[1] — au fost prezentate ca variante posibile de rezolvare decisivă a problemelor celei de-a treia planete care se rotește pe orbită în jurul Soarelui. Acesta este încă unul dintre subiectele preferate ale literaturii sci-fi, care va rămâne limitată la istorisirile acestui gen: chiar dacă am dispune de mijloace necostisitoare de transport interplanetar și am stăpâni cumva construirea de baze marțiene, nu am putea să creăm o atmosferă corespunzătoare — procesarea calotelor polare ale lui Marte, a mineralelor și solului va produce doar circa 7% din tot CO2-ul care ar fi necesar pentru a încălzi planeta și pentru a face posibilă colonizarea ei prelungită.[2]

Bineînțeles, adevărații credincioși pot recurge la un alt truc SF care să permită colonizarea lui Marte: crearea unor oameni modificați radical prin inginerie genetică, super-organisme noi înzestrate cu calitățile unor tardigrazi tereștri, nevertebrate minuscule octopode care trăiesc pe iarbă și în șanțuri umede. Astfel de organisme ar fi capabile să se adapteze nu doar la atmosfera rarefiată (presiunea acesteia este mai mică de 1% din valoarea ei terestră), ci și la nivelul înalt al radiațiilor primite de slab protejata planetă roșie.[3]

Revenind la lumea reală, dacă vrem ca specia noastră să supraviețuiască măcar, nicidecum să înflorească, pentru cel puțin tot atât timp cât au rezistat civilizațiile superioare (adică, timp de încă circa 5 000 de ani), atunci va trebui să ne asigurăm ca intervențiile noastre continue să nu pună în pericol caracterul locuibil pe termen lung al planetei — sau, într-o exprimare modernă, să nu încălcăm granițele planetare de siguranță.[4]

Lista acestor granițe esențiale ale biosferei cuprinde nouă categorii: schimbările climatice (denumite acum alternativ, deși inexact, încălzirea globală), acidificarea oceanelor (care periclitează organismele marine ce și-au construit structuri din carbonat de calciu), epuizarea ozonului stratosferic (care protejează

Pământul de radiația ultravioletă excesivă și este amenințat de emisiile de clorofluorocarburi), aerosolii atmosferici (agenți poluanți care reduc vizibilitatea și provoacă afecțiuni pulmonare), interferența în ciclurile de azot și fosfor (în special, eliberarea acestor nutrienți în apele dulci și de coastă), utilizarea apei dulci (extracția excesivă a apelor subterane, curgătoare și din lacuri), schimbările de utilizare a terenurilor (ca urmare a despăduririlor, agriculturii și expansiunii urbane și industriale), pierderea biodiversității și diferitele forme ale poluării chimice.

Analiza sistematică a tuturor acestor preocupări — și încadrarea în perspectivele lor istorice și ecologice corespunzătoare — este un scop potrivit pentru o lucrare importantă, nu pentru un singur capitol (decât dacă ar consta din rezumate superficiale). În schimb, am decis să dau acestui capitol o tentă hotărât utilitară și să mă concentrez doar pe câțiva parametri existențiali cheie, începând cu circumstanțele de mediu pentru trei necesități existențiale de neînlocuit — a respira, a bea și a mânca. Asigurarea acestor trei precondiții ale existenței noastre depinde de bunuri și servicii naturale: de atmosfera oxigenată și de circulația ei neîncetată; de apă și de ciclul ei planetar; și de soluri, fotosinteză, biodiversitate și de fluxurile nutrienților vegetali. La rândul său, asigurarea acestora afectează bunurile și serviciile naturale. Așa cum vom vedea, aceste efecte pot fi de la marginale (concentrațiile de oxigen din atmosferă nu sunt în pericol ca urmare a arderii combustibililor fosili) la evident negative (extracția excesivă de apă din acviferele adânci foarte vechi; poluarea gravă a apei generată de producția de alimente, orașe și industrii), mergând până la de-a dreptul distructive (pășunatul excesiv în regiunile aride, care duce la deșertificare; terenurile agricole noi care înlocuiesc pădurile tropicale sau pajiștile).

Oxigenul nu este în pericol

Respirația este furnizarea regulată de oxigen, pe care homoglobina îl preia din plămâni și îl duce la toate celulele din organism pentru a asigura energia necesară metabolismului. Nicio altă resursă naturală nu este la fel de importantă pentru supraviețuirea noastră. Durata suportabilă a apneei voluntare (încetarea

respirației) variază, dar, dacă nu te-ai antrenat pentru a-ți prelungi perioadele în care nu respiri, vei constata că poți să reziști de la 30 de secunde și, în general, la nu mai mult de circa un minut. Poate că ai citit despre scufundările libere, în care bărbații și femeile își riscă viețile ținându-și respirația și scufundându-se, fără vreun aparat de respirat, până la adâncimea pe care o pot suporta (cu sau fără labe de scafandru) sau despre competițiile de apnee statică în care concurenții stau nemișcați într-o piscină cu apă și își țin respirația. Pentru acestea din urmă, recordul la bărbați este de aproape 12 minute și la femei, de 9 minute, iar hiperventilarea cu oxigen pur timp de până la o jumătate de oră înainte de încercare dublează timpul apneic la peste 24 de minute la bărbați și 18½ minute pentru femei.[5]

Această activitate trece drept sport în secolul XXI în ciuda faptului că celulele cerebrale încep să moară în mai puțin de cinci minute de hipoxie cerebrală și că o perioadă doar cu puțin mai lungă poate cauza vătămări grave sau chiar moartea. În definitiv, oxigenul este resursa cea mai acut limitativă a supraviețuirii umane. Specia noastră, la fel ca toate celelalte chemoheterotrofe (organisme care nu își pot produce intern propria nutriție), are nevoie de el în permanență. Frecvența de repaus a respirației este de 12 — 20 de inhalări pe minut, iar aportul mediu zilnic al unui adult se ridică la aproape 1 kilogram de oxigen.[6] Pentru populația planetei, aceasta se traduce printr-un aport anual de circa 2,7 miliarde de tone de oxigen pe an, o fracție de-a dreptul nesemnificativă (0,00023%) din prezența acestui element în atmosferă de circa 1,2 trilioane de tone de O2, iar dioxidul de oxigen exhalat este folosit cu ușurință de fotosinteza plantelor.

Începuturile atmosferei oxigenate merg înapoi în timp la ceea ce a devenit cunoscut ca Marele Eveniment de Oxidare, care a început cu circa 2,5 miliarde de ani în urmă.[7] În acea perioadă, oxigenul eliberat de cianobacteriile oceanice a început să se acumuleze în atmosferă, dar a durat mult înainte ca gazele să ajungă la concentrațiile din perioada modernă. În ultimele 500 de milioane de ani, nivelurile oxigenului atmosferic au fluctuat foarte mult, între 15 și 35%, până să scadă la valoarea de astăzi de aproape 21% din atmosfera terestră după volum.[8] În afară de faptul că nu există niciun pericol ca oamenii sau animalele să reducă acest nivel prin respirație, nu există niciun pericol ca o cantitate prea mare de oxigen să fie consumată chiar și de cea mai mare ardere care poate fi imaginată (oxidare rapidă) a plantelor terestre.

Masa vegetală totală de pe Pământ conține de ordinul a 500 de miliarde de tone

de carbon și chiar dacă toată această masă (toate pădurile, pajiștile și culturile agricole) ar arde dintr-odată, o asemenea mega-conflagrație ar consuma doar circa 0,1% din totalul oxigenului atmosferic.[9] Și totuși, în vara anului 2019, când suprafețe mari din pădurea tropicală amazoniană ardeau, presa și politicienii încercau să înspăimânte masele analfabete științific cu ideea că planeta va începe să se sufoce. Printre mulți alții, pe 22 august 2019, președintele Franței, Emmanuel Macron, a transmis pe Twitter:[10]

Casa noastră arde. Literalmente. Pădurea tropicală amazoniană — plămânii care produc 20% din oxigenul planetei noastre — e în flăcări. Este o criză internațională. Membri ai Summitului G7, hai să discutăm această urgență de prim ordin în două zile!

Summitul G7 nu s-a întrunit de urgență în două zile (și nici măcar în două luni: ceea ce a fost un lucru bun, ca și cum asta ar fi putut să rezolve ceva!) și uite că lumea continuă să respire. În funcție de locul în care se întâmplă să te situezi pe această scară specifică a judecății, arderea deliberată a pădurilor amazoniene este fie o politică foarte regretabilă și complet nechibzuită, fie o crimă de neiertat împotriva biosferei — dar trebuie să știi că nu este un act care va priva planeta noastră de oxigen.

Această dezinformare ilustrează de asemenea o problemă mult mai generală — și anume, de ce nu ne bazăm pe adevăruri științifice bine stabilite și lăsăm în schimb tot felul de mesaje de pe rețelele de socializare să influențeze opinia publică? Evaluările asupra mediului înconjurător sunt probabil și mai predispuse la generalizări neîntemeiate, interpretări părtinitoare și dezinformare fățișă față de cele legate de energie și producția de hrană. Această tendință trebuie condamnată și contracarată: nu vom avea succes dacă ne bazăm acțiunile pe mituri și dezinformări. E drept, știința de bază este adesea complexă și multe verdicte sunt nesigure, iar judecățile ferme sunt nerecomandabile — dar nu în acest caz anume.

Cel mai evident, plămânii nu produc oxigen, ci doar îl procesează: funcția lor este să faciliteze schimbul de gaze prin care oxigenul atmosferic intră în sânge, iar dioxidul de carbon, cel mai voluminos produs gazos al metabolismului, îl

părăsește. În acest proces, plămânii (ca orice alt organ) trebuie să consume oxigen, dar nu este simplu să măsurăm de cât oxigen au nevoie — cu alte cuvinte, să le separăm necesarul de aportul general. Cea mai bună cale de a afla este în timpul unui bypass cardiopulmonar total, când circulația din plămâni este temporar separată de fluxul sanguin sistemic: aceasta arată că plămânii consumă circa 5% din totalul de oxigen pe care îl inhalăm.[11] Și, în vreme ce arborii amazonieni, ca orice plante terestre, produc O2 în timpul fotosintezei diurne, aceștia — la fel, ca orice alt organism fotosintetizator — consumă practic tot acest oxigen în timpul respirației nocturne, procesul care folosește produsele chimice ale fotosintezei pentru obținerea energiei și a compușilor necesari creșterii plantei.[12]

În fiecare an, cel puțin 300 de miliarde de tone de oxigen sunt absorbite și o cantitate similară este eliberată de fotosinteza terestră și marină.[13] Aceste fluxuri, precum și fluxurile mult mai mici rezultate din îngroparea și oxidarea materiei organice, nu sunt perfect echilibrate de la o zi la alta sau de la un anotimp la altul, dar pe termen lung nu pot ajunge să difere prea mult, căci am avea câștiguri sau pierderi nete substanțiale ale acestui element. În schimb, prezența oxigenului în atmosferă a fost remarcabil de stabilă. Imaginile cu incendiile din pădurea amazoniană, din regiunile păduroase ale Australiei, de pe coastele dealurilor californiene sau din taigaua siberiană nu sunt vestitori amenințători ai unei atmosfere lipsite de gazul pe care trebuie să-l inhalăm de cel puțin 12 ori pe minut.[14] Incendiile masive de pădure sunt distructive și dăunătoare în multe privințe, dar nu ne vor sufoca din cauza lipsei de oxigen.

Vom avea apă și hrană suficiente?

Dimpotrivă, asigurarea cu al doilea cel mai acut necesar input natural ar trebui să se afle foarte sus pe lista noastră de îngrijorări de natură ecologică — și nu pentru că ar exista o penurie absolută a acestei resurse esențiale, ci pentru că este neuniform distribuită și pentru că nu am gestionat-o bine. Iar acesta este un eufemism, pentru că irosim cantități enorme de apă și, până acum, nu ne-am grăbit să adoptăm multe schimbări eficiente care să pună capăt unor obișnuințe și tendințe nedorite. După cum vom vedea, aprovizionarea cu apă este un exemplu

perfect de resursă gestionată aproape universal greșit, cu complicația suplimentară a accesului foarte inegal.[15]

Cel puțin nu trebuie să bem tot atât de des pe cât respirăm, de 12 ori pe minut, nici măcar de 12 ori pe zi — dar asigurarea unor volume adecvate de apă potabilă (care, în funcție de sex, vârstă, dimensiunile corporale, temperatura ambientală și excluzând activitățile extreme, se situează în general între 1,5 și 3 litri pe zi) este o chestiune de supraviețuire elementară.[16] Să nu te rehidratezi timp de o zi este o experiență dificilă, timp de două zile devine periculos, iar timp de trei zile este de regulă fatal. Trecând de această necesitate existențială, tradusă într-o medie pe cap de locuitor de circa 750 de kilograme (sau litri, sau 0,75 metri cubi) de apă pe an, mai sunt și alte nevoi — și mult mai mari — de apă: pentru igienă personală, gătit și spălatul rufelor (chiar și fără o toaletă interioară, aceste categorii cumulate înseamnă un minimum de 15 — 20 de litri pe zi sau de 7 metri cubi pe an), pentru activități productive și, mai presus de toate, pentru producerea hranei.[17]

Faptul că există diferite sectoare de utilizare a apei (agricultură, generarea electricității termale, industriile grele, industria ușoară, servicii, sectorul casnic) și diferite categorii de apă complică destul de mult comparațiile intranaționale și internaționale. Apa albastră include apa de ploaie care ajunge în râuri, corpurile de apă și depozitele de apă din sol care este încorporată în produse sau se evaporă; amprenta apei verzi reprezintă apa din precipitații care e depozitată în sol și ulterior se evaporă, transpiră sau este încorporată în plante; apa gri include toată apa dulce necesară diluării poluanților pentru respectarea anumitor standarde referitoare la calitatea apei.

Iată de ce consumul național pe cap de locuitor este modalitatea cea mai bună (cea mai cuprinzătoare) de evaluare a amprentelor de apă: adună componentele verde, albastră și gri ale apei, precum și toată apa virtuală (apa care a fost necesară pentru creșterea sau producția alimentelor și bunurilor manufacturate importate).[18] Uzajul intern de apă albastră (toate valorile sunt în metri cubi pe an pe cap de locuitor) se situează de la puțin peste 29 în Canada și 23 în SUA la circa 11 în Franța, 7 în Germania și circa 5 în China și India, și la mai puțin de 1 în multe țări africane.[19] Amprenta de apă totală a consumului național reflectă cote parte specifice de apă folosită în agricultură (evident mai ridicate în țările cu irigații extensive) și în producția industrială. Ca urmare, economiile cu clime și consumuri sectoriale foarte diferite — Canada și Italia, Israel și Ungaria — au valori similare pentru consumul total (în toate aceste cazuri, între 2 300 și 2 400

de metri cubi/an/cap de locuitor). Importurile alimentare încorporează cantități însemnate de apă verde și, prin urmare, două țări extrem de dependente de alimentele importate — Japonia și Coreea de Sud — sunt totodată și cei mai mari utilizatori ai apei virtuale.

Deloc surprinzător, rolul esențial al apei în economiile naționale în general și în producția alimentară în particular, a avut drept rezultat multe evaluări cuprinzătoare privind disponibilitatea, suficiența, deficitul și vulnerabilitatea ei. La începutul secolului XXI, populațiile supuse stresului hidric se situau între 1,2 miliarde și 4,3 miliarde — adică, între 20 și 70% din întreaga omenire.[20] În mod similar, în timpul celui de-al doilea deceniu al secolului XXI, două măsurători diferite ale deficitului de apă indicau că populațiile afectate cuprindeau între 1,6 și 2,4 miliarde de oameni.[21] Date fiind aceste diferențe majore între evaluările prezente, este imposibil să oferim concluzii în privința viitorului care să poată fi susținute cu tărie.

Există de asemenea multe incertitudini legate de asigurarea hranei în viitor. Nicio altă activitate umană nu a transformat ecosistemele Pământului într-o măsură mai mare decât producția de hrană. Deja însumează cam o treime din suprafața neacoperită de ghețari a planetei și alte impacturi sunt inevitabile.[22] Suprafața combinată dedicată producției alimentare este acum de peste două ori mai mare decât în urmă cu un secol, dar în toate economiile bogate terenul cultivat fie s-a stabilizat, fie a scăzut ușor ca întindere, în vreme ce la nivel mondial creșterea generală a noilor terenuri agricole a încetinit considerabil.[23] Date fiind ratele de fertilitate încă înalte ale continentului, extinderea în continuare a terenurilor cultivate va fi inevitabilă în Africa, dar în cea mai mare parte a Asiei vor avea loc doar extinderi limitate, în vreme ce în Europa, America de Nord și Australia (având deja o producție excesivă de hrană și populații îmbătrânite) ar trebui ca suprafețele cultivate să scadă și mai mult.

Suprafața de pământ folosită în producția alimentară poate fi redusă printr-o combinație de practici agricole mai bune, o irosire mai mică a alimentelor și adoptarea pe scară largă a unui consum moderat de carne. După cum am explicat deja în capitolul 2, revenirea la agricultura preindustrială este de neconceput într-o lume cu aproape 8 miliarde de locuitori, dar obținerea de producții mai mari cu inputurile existente (intensificare agricolă) se conformează unei tendințe stabilite de multă vreme, iar eliminarea multor practici risipitoare poate determina obținerea unor producții mai mari, chiar și cu o utilizare redusă a îngrășămintelor și pesticidelor. O demonstrație convingătoare la scară largă, pe un deceniu

(2005 — 2015) a acestui aspect a inclus aproape 21 de milioane de fermieri care cultivă circa o treime din terenul agricol al Chinei: ei au reușit să crească producția de cereale principale cu 11% reducând cu 15 — 18% azotul aplicat pe hectar.[24]

Dacă terenul nu este o resursă limitativă și dacă avem cunoștințele pentru gestionarea rezervelor de apă, care sunt perspectivele de asigurare a macronutrienților de care au nevoie culturile noastre limitând totodată impactul pe care aplicarea azotului și fosforului îl are asupra mediului înconjurător? Așa cum am explicat deja, sinteza Haber-Bosch a amoniacului a făcut posibilă obținerea unei forme reactive a azotului, principalul macronutrient, în orice cantitate dorită.[25] Putem de asemenea să furnizăm cantități adecvate din alți doi macronutrienți minerali, potasiu și fosfor. US Geological Survey apreciază că resursele de potasiu sunt de circa 7 miliarde de tone de K2O (oxid de potasiu) echivalent; rezervele sunt cam de jumătate din această cantitate și, la ritmul actual de producție, aceste rezerve ar ajunge pentru aproape 90 de ani.[26]

În ultimii 50 de ani, au apărut periodic comentarii privind penuria iminentă de fosfor, unele avertizând chiar că, în câteva decenii, foametea ar fi inevitabilă.[27] Preocupările legate de irosirea unei resurse finite sunt întotdeauna bine-venite, dar nu există nicio criză iminentă a fosforului. Potrivit Centrului Internațional pentru Dezvoltarea Îngrășămintelor, rezervele și resursele de fosfat natural ale planetei vor putea satisface cererea de îngrășăminte pentru următorii 300 — 400 de ani.[28] US Geological Survey estimează că resursele planetare de fosfat natural sunt de peste 300 de miliarde de tone, suficiente pentru mai bine de 1 000 de ani la ritmul actual de extracție.[29] Iar Asociația Internațională a Industriei Îngrășămintelor nu crede că atingerea unui vârf al producției de fosfor este o chestiune presantă sau că epuizarea zăcămintelor de fosfor ar fi iminentă.[30]

Adevărata îngrijorare legată de nutrienții vegetali sunt consecințele asupra mediului (și deci economice), mai ales asupra celui acvatic. Fosforul din îngrășăminte se pierde prin eroziunea solului și scurgerile de la precipitații și este eliberat în reziduurile produse de animalele domestice și oameni.[31] Întrucât apa (fie ea dulce sau sărată) are în mod normal concentrații foarte mici ale acestui element, adăugarea sa duce la eutrofizare, îmbogățirea apelor cu nutrienți anterior deficitari, ceea ce are drept consecință creșterea excesivă a algelor.[32] Pierderile de azot din terenurile agricole fertilizate (și din reziduurile animale și umane) cauzează și ele eutrofizarea, dar fotosinteza acvatică este mai reactivă la adaosurile de fosfor. Nici tratamentul primar al apelor reziduale (sedimentarea

îndepărtează 5 — 10% din fosfor), nici eliminarea secundară (filtrarea capturează 10 — 20%) nu previn eutrofizarea, dar fosforul poate fi îndepărtat prin folosirea unor agenți de coagulare sau prin procese microbiene, după care este transformat în cristale și reutilizat ca fertilizator.[33]

După cum am explicat deja, pe plan mondial, eficiența absorbției azotului de către plantele cultivate a scăzut la mai puțin de 50%, iar în China și Franța la sub 40%. În conjuncție cu fosforul, compușii solubili ai azotului contaminează apele și favorizează creșterea excesivă a algelor. Descompunerea algelor consumă oxigenul dizolvat în apa marină și creează ape sărace în oxigen (anoxice), în care peștii și crustaceele nu pot supraviețui. Aceste zone cu deficit de oxigen se întâlnesc des de-a lungul coastelor de est și de sud ale Statelor Unite și de-a lungul coastelor din Europa, China și Japonia.[34] Nu există soluții simple, necostisitoare și rapide pentru aceste impacturi ecologice. O mai bună gestionare agronomică (rotația culturilor, aplicarea divizată a îngrășămintelor pentru minimizarea pierderilor) este esențială, iar reducerea consumului de carne ar fi cea mai importantă ajustare, căci ar scădea nevoia de producere a furajelor — însă Africa sub-sahariană va avea nevoie de mult mai mult azot și fosfor dacă se urmărește evitarea dependenței cronice de importuri alimentare.

Orice evaluare pe termen lung a celor trei necesități existențiale — oxigenul atmosferic, disponibilitatea apei și producția alimentară — trebuie să țină cont de modul în care asigurarea lor ar putea fi afectată de procesul în derulare al schimbărilor climatice, o transformare graduală care își va lăsa amprenta asupra biosferei într-o multitudine de moduri: efectele depășesc cu mult creșterea temperaturilor și ridicarea nivelului oceanelor, cele două schimbări care sunt amintite cel mai des de media. Nu voi relua lunga listă a impacturilor prognozate, de la orașele sufocate de arșiță la creșterea nivelului mării, de la culturile agricole lovite de secetă la topirea ghețarilor. Acest lucru a fost făcut, atât în mod echilibrat, cât și în manieră isterică, de prea multe ori.

În schimb, voi adopta o abordare utilitaristă — și neortodoxă. Voi începe prin a explica necesitatea favorabilă vieții a efectului de seră, fără de care suprafața Pământului ar fi permanent înghețată și pe care l-am intensificat, neintenționat, printr-o combinație de acțiuni — dintre care arderea combustibililor fosili este cel mai important motor al încălzirii antropogene a planetei. Apoi voi explica faptul că, deși percepția comună este contrară, știința a identificat acest fenomen cu peste un secol în urmă, și anume că noi am ignorat vreme de generații riscurile potențiale clar formulate și că, până acum, nu am fost dispuși să ne

angajăm în nicio acțiune efectivă pentru a schimba cursul încălzirii globale — și cât de nemaipomenit de dificilă va fi o asemenea transformare.

De ce Pământul nu este permanent înghețat

Așa cum am văzut în primul capitol, abundența de combustibili fosili și conversiile lor tot mai eficiente au fost energizanții dominanți ai creșterii economice din epoca modernă, aducându-ne beneficiile unei longevități mai mari și ale unei vieți mai îndestulate — dar și preocupările legate de efectele pe termen lung ale emisiilor de CO_2 asupra climei planetare (denumită în general încălzire globală). Noțiuni simple de fizică ne explică îngrijorările cu privire la consecințele încălzirii planetare asupra mediului înconjurător. Suntem îngrijorați din cauză că un lucru fără de care n-am putea trăi — efectul de seră — a devenit excesiv. Acest imperativ existențial înseamnă reglarea temperaturii atmosferei terestre de câteva gaze în concentrații minuscule — în special dioxidul de carbon (CO_2) și metanul (CH_4). În comparație cu cele două gaze care compun în majoritate atmosfera (azotul la 78% și oxigenul la 21%), prezența lor este neglijabilă (fracțiuni mici dintr-un procent), dar efectul lor face diferența dintre o planetă înghețată, lipsită de viață și Pământul albastru și verde.[35]

Atmosfera Pământului absoarbe radiația provenită de la soare (unde scurte) și o împrăștie în spațiu (unde mai lungi). În absența ei, temperatura Pământului ar fi de — 18°C și, în consecință, suprafața planetei noastre ar fi înghețată perpetuu. Gazele în concentrații minuscule despre care am vorbit modifică echilibrul radiațiilor absorbind o parte din radiația (infraroșie) emisă și crescând temperatura de suprafață. Aceasta permite existența apei lichide, a cărei evaporare trimite în atmosferă vaporii de apă (un alt gaz care absoarbe undele infraroșii invizibile). Rezultatul final este că suprafața Terrei are o temperatură cu 33°C mai mare decât ar fi în lipsa gazelor cu efect de seră și a vaporilor de apă, iar temperatura medie de 15°C asigură suportul necesar susținerii vieții în formele ei multiple.

Etichetarea acestui fenomen natural drept „efect de seră“ este o analogie înșelătoare, deoarece căldura din interiorul unei sere se află acolo nu doar pentru că pereții din sticlă împiedică o parte din radiația infraroșie să scape în

atmosferă, dar și pentru că întrerupe circulația aerului. Spre deosebire de asta, „efectul de seră“ natural este cauzat numai de interceptarea unei mici părți din radiația infraroșie emergentă de către gazele cu efect de seră — în vreme ce atmosfera planetei rămâne într-o mișcare permanentă, neîngrădită și adesea violentă. Vaporii de apă sunt de departe cel mai important absorbant al radiației emergente și, prin urmare, sunt gazul care a fost responsabil pentru cea mai mare parte a încălzirii atmosferei în trecut și situația va rămâne așa și în viitor. Vaporii de apă sunt principalul generator al efectul de seră natural — dar acești vapori nu sunt cauza încălzirii atmosferice pentru că nu controlează temperatura atmosferică. De fapt, lucrurile stau chiar invers: temperatura fluctuantă determină ce cantitate de apă poate fi prezentă ca gaz (umiditatea apei crește odată cu creșterea temperaturii) și cât de multă se condensează în stare lichidă (condensarea crește odată cu scăderea temperaturii).

Încălzirea naturală a Pământului este controlată de gazele cu efect de seră a căror concentrație nu este influențată de temperatura ambientală — cu alte cuvinte, ele nu se condensează și nu se precipită odată cu declinul temperaturii. Numai că încălzirea relativ mică pe care o cauzează crește evaporarea și concentrațiile de apă atmosferică, iar acest feedback are drept rezultat o încălzire suplimentară. Efectul gazelor naturale cu concentrații minuscule a fost întotdeauna dominat de dioxidul de carbon (CO2), cu mici contribuții aduse de metan (CH4), protoxidul de azot (N2O) și ozon (O3) — acesta din urmă fiind cunoscut de multă lume prin intermediul denumirii „strat de ozon“. Activitățile umane au început să afecteze concentrațiile mai multor asemenea gaze — un efect de seră suplimentar, artificial (antropogen) — cu mii de ani în urmă, de îndată ce societățile sedentare au adoptat agricultura și au început să folosească lemnul (și cărbunele obținut din acesta) în gospodării și la topirea metalelor și manufacturarea de cărămizi și țigle. Transformarea pădurilor în terenuri agricole a eliberat CO2 suplimentar, iar cultivarea orezului în câmpiile inundate a produs CH4 suplimentar.[36]

Dar impactul acestor emisii antropogene a devenit semnificativ abia după ce ritmul industrializării s-a întețit. Creșterea emisiilor de CO2, care cauzează un efect de seră antropogen accelerat, a fost determinată în primul rând de arderea combustibililor fosili și de producția de ciment. Emisiile de metan (din orezării, gropi de gunoi, zootehnie și producția de gaze naturale) și de protoxid de azot (produs de aplicarea pe scară tot mai mare a îngrășămintelor azotoase) sunt celelalte surse antropogene notabile de gaze cu efect de seră. Reconstituirea concentrațiilor lor atmosferice din trecut ne arată creșterea bruscă cauzată de

industrializare.

Vreme de secole înainte de 1800, nivelurile de CO_2 au avut fluctuații mici în jurul valorii de 270 de părți pe milion (ppm) — adică, 0,027% după volum. Până în 1900, au crescut ușor la 290 ppm, un secol mai târziu erau aproape 375 ppm, iar în vara lui 2020 au sărit de valoarea de 440 ppm, o creștere de peste 50% față de nivelul de la sfârșitul secolului XVIII.[37] Nivelurile de metan din perioada preindustrială erau cu trei ordine de mărime mai joase — sub 800 de părți pe miliard (ppmd) — dar până în 2020 au ajuns la aproape 1 900 ppmd (o creștere de peste două ori), în vreme ce concentrațiile protoxidului de azot au crescut de la circa 270 ppmd la peste 300 ppmd.[38]Aceste gaze absorb radiația infraroșie emergentă în diferite grade. Astfel, când se compară efectele lor pe o perioadă de 100 de ani, eliberarea unei unități de CH_4 are același efect ca eliberarea a 28 — 36 de unități de CO_2, iar pentru N_2O factorul de multiplicare este între 265 și 298. Câteva dintre gazele industriale noi — în special clorofluorocarburile (CFC, folosite în trecut în sistemele de refrigerare) și SF_6 (un excelent izolator, folosit în echipamentele electrice) — exercită un efect mult mai puternic, dar din fericire ele sunt prezente doar în concentrații minuscule, iar producția de CFC a fost treptat scoasă în afara legii prin Protocolul de la Montreal din 1987.[39]

Dioxidul de carbon (emis în principal prin arderea combustibililor fosili, despăduririle fiind o altă sursă majoră) reprezintă circa 75% din efectul de încălzire antropogen, metanul, circa 15%, iar restul este cauzat în cea mai mare parte de protoxidul de azot.[40]. Creșterea în continuare a emisiilor de gaze cu efect de seră va duce în cele din urmă la temperaturi îndeajuns de mari ca să aibă multe efecte negative asupra mediului, generând costuri economice și sociale considerabile. Contrar unei impresii larg răspândite, aceasta nu este o concluzie recentă izvorâtă dintr-o mai bună înțelegere a situației, pusă la dispoziția noastră de modele complexe ale schimbărilor climatice executate de supercomputere. Am știut asta nu doar cu mult timp înainte de apariția primelor modele ale circulației atmosferice planetare (precursoarele tuturor simulărilor privind încălzirea globală) la sfârșitul anilor 1960, ci cu generații întregi înainte ca primele computere electronice să fie măcar construite.

Cine a descoperit încălzirea globală?

Căutând pe Ngram Viewer de la Google aparițiile în căutări ale sintagmei „global warming“, vei descoperi că, practic, aceasta lipsește înainte de 1980, după care urmează o creștere abruptă a frecvenței, și anume de patru ori în cei doi ani de dinainte de 1990. „Descoperirea“ încălzirii globale provocate de dioxidul de carbon de către media, opinia publică și politicieni s-a produs în 1988, fiind declanșată de vara fierbinte din acel an din America și de înființarea Comisiei interguvernamentale privind încălzirea globală (IPCC********) de către Programul ONU pentru mediu (UNEP) și Organizația Meteorologică Mondială (WMO). Aceasta a provocat un val încă în creștere de articole științifice, cărți, conferințe, studii ale unor grupuri de reflecție și rapoarte pregătite de guverne și organizații internaționale, inclusiv analizele periodice de ultimă oră ale IPCC.

În 2020, motorul de căutare Google arăta peste un miliard de articole pentru termenii „încălzire globală“ și „schimbări climatice planetare“ — această frecvență fiind cu un ordin de mărime mai mare decât cele pentru alți termeni deveniți de curând la modă, cum ar fi „globalizare“ sau „inegalitate economică“, ori pentru dificultăți existențiale ca „sărăcie“ și „malnutriție“. Mai mult de-atât, aproape încă de la începutul manifestării interesului media față de acest proces complex, relatările privind încălzirea globală au fost pline de fapte comunicate necorespunzător, de interpretări îndoielnice și predicții sumbre, iar cu timpul au dobândit în mod vădit o tonalitate mai isterică, ba chiar de-a dreptul apocaliptică.

Observatorii neinformați vor fi trebuit să conchidă că aceste avertismente privind derularea unei catastrofe globale reflectă ultimele descoperiri științifice bazate pe o combinație între observații din satelit care înainte nu erau disponibile și pe prognozele care folosesc modele climatice complexe la nivel global, a căror execuție a fost făcută posibilă de creșterea puterii de calcul a computerelor. Însă, deși ultimele noastre metode de monitorizare și modelare sunt cu siguranță mai avansate, nu e nimic nou nici în privința înțelegerii efectului de seră, nici legat de consecințele emisiilor de gaze de seră, aflate într-o creștere constantă. În principiu, am fost conștienți de ele de peste 150 de ani, iar într-o manieră clară și explicită de peste un secol!

Cu câțiva ani înainte de moartea sa, matematicianul francez Joseph Fourier (1768 — 1830) a fost primul om de știință care și-a dat seama că atmosfera absoarbe o parte din radiația emanată de sol, iar în 1856, Eunice Foote, un om de

știință și inventator american, a fost primul care a făcut legătura (pe scurt, dar în mod clar) dintre CO2 și încălzirea globală.[41] După cinci ani, John Tyndall (1820 — 1893), fizician englez, a explicat că vaporii de apă sunt cel mai important absorbant al radiației emergente, ceea ce înseamnă că „orice variație a acestui constituent trebuie să producă o schimbare a climei“ — și a adăugat că „remarci similare sunt aplicabile acidului carbonic difuzat prin aer“.[42] Concis dar clar, dacă reformulăm în vocabularul modern: creșterile concentrației de CO2 trebuie să producă o creștere a temperaturii atmosferice.

Asta se întâmpla în 1861 și înainte de sfârșitul secolului XIX, Svante Arrhenius (1859 — 1927), chimist suedez și printre cei dintâi laureați ai Premiului Nobel, a publicat primele calcule ale temperaturii crescute a suprafeței planetei generate de dublarea concentrației de CO2 atmosferic față de perioada preindustrială.[43] Articolul său mai remarca faptul că încălzirea globală va fi resimțită mai puțin la tropice și cel mai mult în regiunile polare și că aceasta va reduce diferențele de temperatură dintre noapte și zi. Ambele concluzii s-au confirmat. Arctica se încălzește mai rapid, dar explicația cea mai simplă (odată cu topirea zăpezii și a gheții, cota-parte de radiație reflectată scade brusc, ducând la o încălzire mai mare) e doar o parte dintr-un proces complex care include schimbări ale norilor, ale vaporilor de apă și ale transportului energetic către poli prin sistemele meteorologice mari.[44] Temperaturile nocturne cresc mai repede decât mediile diurne în principal pentru că stratul de graniță (atmosfera de imediat deasupra solului) este foarte subțire — doar câteva sute de metri — în timpul nopții, în comparație cu cei câțiva kilometri din timpul zilei, de unde și sensibilitatea sporită la încălzire.[45]

În 1908, Arrhenius a oferit o estimare destul de exactă a sensibilității climatice, măsura încălzirii globale cauzate de o dublare a nivelului de CO2 atmosferic: „Orice dublare a procentajului de dioxid de carbon din aer va crește temperatura la suprafața Pământului cu 4°C“.[46] În 1957, cu trei decenii înainte de creșterea bruscă a interesului pentru încălzirea globală, Roger Revelle, oceanograf american, și Hans Suess, chimist-fizician, au făcut o apreciere a procesului de ardere a combustibililor fosili la scară de masă dintr-o perspectivă evoluționistă corectă: „Astfel, ființele umane desfășoară acum un experiment geofizic de proporții, așa cum nu s-ar fi putut întâmpla în trecut și nici n-ar putea fi reprodus în viitor. În decurs de câteva secole, am returnat în atmosferă și oceane carbonul organic concentrat, depozitat în rocile sedimentare în sute de milioane de ani“.[47]

Nu-mi pot imagina ce altă formulare ar fi putut să exprime mai bine natura fără

precedent a acestei noi realități. Doar un an mai târziu, ca răspuns la această îngrijorare, au început să se măsoare concentrațiile de CO2 de fond la Mauna Loa din Hawaii și la Polul Sud și acestea au arătat imediat creșteri anuale constante și destul de previzibile, de la 315 ppm în 1958 la 346 ppm în 1985.[48] Iar în 1979, un raport întocmit de Consiliul Național de Cercetare a stabilit valoarea teoretică a sensibilității climatice (inclusiv feedback-ul vaporilor de apă) la 1,5 — 4,5°C, ceea ce înseamnă că estimarea făcută de Arrhenius în 1908 se situa confortabil în această gamă.[49]

Astfel, „descoperirea“ încălzirii globale induse de dioxidul de carbon a venit la mai bine de un secol după ce Foote și Tyndall au stabilit în mod clar această legătură, la aproape patru generații după ce Arrhenius a publicat o estimare realistă a posibilului efect al încălzirii globale, la peste o generație după ce Revelle și Suess au avertizat cu privire la un experiment geofizic fără precedent și irepetabil la scara întregii planete și la mai mult de un deceniu după confirmarea modernă a sensibilității climatice. În mod clar, nu a trebuit să așteptăm noi modele pe computer sau înființarea unei birocrații internaționale ca să conștientizăm această schimbare și să ne gândim la răspunsurile noastre.

Cât de neînsemnat a fost efectul fundamental al acestor eforturi este probabil cel mai bine ilustrat de ultimele estimări ale metricii dedicate încălzirii globale, sensibilitatea climatică. Al cincilea raport de evaluare publicat de IPCC la peste un secol după ce Arrhenius a propus valoarea de 4°C a conchis că este extrem de improbabil ca sensibilitatea să fie mai mică de 1°C și foarte improbabil să depășească 6°C, gama probabilă situându-se între 1,5°C și 4 — 5°C, la fel ca în raportul din 1979 al Consiliului Național al Cercetării.[50] Iar în 2019, o evaluare cuprinzătoare a sensibilității climatice a Pământului (folosind multiple linii de dovezi convergente) a limitat răspunsul cel mai probabil la între 2,6°C și 3,9°C.[51] Asta înseamnă că este extrem de improbabil ca sensibilitatea climatică să fie atât de scăzută încât să poată preveni o încălzire substanțială (mai mare de 2°C) la momentul la care dioxidul de carbon atmosferic va crește la peste aproximativ 560 ppm, de două ori nivelul preindustrial.

Și totuși, până în prezent, singurele măsuri efective și substanțiale în direcția decarbonizării nu au venit din politici hotărâte, deliberate și țintite. Mai degrabă ele au fost produsele secundare ale progreselor tehnice (randamente de conversie mai mari, creșterea generării nucleare și a hidrogenerării, proceduri de procesare și fabricație cu pierderi mai mici) și ale schimbărilor în desfășurare ale producției și managementului (trecerea de la cărbune la gaze naturale; o reciclare

a materialelor mai răspândită și mai puțin energointensivă), ale căror inițiere și progres nu au avut nimic de-a face cu vreo încercare de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră.[52] Și, după cum am amintit deja, impactul global al recentei orientări spre generarea decarbonizantă a electricității — prin instalarea panourilor solare fotovoltaice și a turbinelor eoliene — a fost în întregime negată de creșterea rapidă a emisiilor de gaze cu efect de seră în China și în alte locuri din Asia.

Oxigenul, apa și hrana într-o lume mai caldă

Știm unde ne aflăm. Din cauza concentrațiilor tot mai mari ale gazelor cu efect de seră, de generații, planeta re-radiază ceva mai puțină energie decât primește de la Soare. În 2020, valoarea netă a acestei diferențe era de circa 2 wați pe metru pătrat, în comparație cu valoarea de referință pentru anul 1850.[53] Întrucât oceanele au o capacitate enormă de a absorbi căldura atmosferică, este nevoie de un timp îndelungat pentru a crește temperatura medie a stratului de jos al atmosferei cu o valoare apreciabilă. Spre sfârșitul anilor 2010, după două secole de ardere accelerată a combustibililor fosili, media temperaturii peste toate suprafețele de uscat și oceanice a fost cu aproape 1°C peste media din secolul XX. Acest lucru a fost consemnat pe toate continentele, dar distribuția nu a fost uniformă. Așa cum a prezis Arrhenius, la latitudini mai mari temperatura medie a crescut mai mult decât la latitudinile medii sau la tropice.

Din perspectiva mediei planetare, cei mai calzi cinci ani din ultimii 140 de ani au fost începând din 2015 și 9 din cei mai calzi 10 ani au fost înregistrați începând din 2005.[54] Consecințele acestei schimbări planetare au fost numeroase, de la înflorirea timpurie a cireșilor din Kyoto la producțiile timpurii de vinuri franceze și la îngrijorătoarele noi recorduri de temperatură din timpul valurilor de căldură ale verii și topirea ghețarilor de pe munții înalți.[55] Și (deloc surprinzător, dată fiind ușurința cu care putem să ne jucăm cu multe modele computerizate) acum există o literatură și mai bogată care prezice ceea ce urmează să vină. Așadar, întorcându-ne la cele trei elemente existențiale fundamentale, care este perspectiva pentru rezervele de oxigen, apă și hrană pe un Pământ mai cald?

Concentrația atmosferică a oxigenului nu este afectată de schimbările mici de

temperatură cauzate de gazele cu efect de seră, dar a scăzut marginal ca urmare a principalei cauze antropogene a încălzirii globale, și anume arderea combustibililor fosili.

În perioada recentă, arderea acestor combustibili a eliminat din atmosferă circa 27 de miliarde de tone pe an.[56] Declinul anual net al oxigenului atmosferic (ținând cont și de pierderile cauzate de incendiile de vegetație și respirația animalelor domestice) a fost calculat la valoarea de 21 miliarde de tone la începutul secolului XXI — adică, mai puțin de 0,002% pe an din concentrația existentă.[57] Măsurătorile directe ale concentrațiilor de oxigen atmosferic confirmă aceste pierderi insignifiante. De curând s-a determinat că valoarea lor este de circa 4 ppm și, dat fiind că există aproape 210 000 de molecule de oxigen pentru fiecare 1 milion de molecule de aer, aceasta se traduce printr-un declin anual de 0,002%.[58]

La această rată, ar dura 1 500 de ani (aproximativ egal cu timpul scurs de la prăbușirea Imperiului Roman de Apus) până când nivelul oxigenului atmosferic va scădea cu 3% — dar, în termeni de concentrații reale de O2, aceasta abia ar fi echivalent cu mutarea din New York City (la nivelul mării) în Salt Lake City (1 288 peste nivelul mării). Un alt calcul extrem — și cu totul teoretic — arată că, chiar dacă ar fi să ardem toate rezervele cunoscute ale planetei din toți combustibilii fosili (cărbune, țiței și gaze naturale: ceea ce ar fi imposibil din cauza costurilor prohibitive ale extracției acestor combustibili din depozitele cele mai neînsemnate cantitativ), concentrația oxigenului atmosferic ar fi redusă cu doar 0,25%.[59]

Din păcate, pentru sute de milioane de oameni, respirația este dificilă din multe motive — de la alergenii pe bază de polen la poluarea urbană din exterior și cea rurală din interior (de la gătit) — dar nu există niciun risc de afectare negativă a respirației cauzat de orice declin imaginabil al oxigenului atmosferic consumat de incendiile de pădure sau de arderea combustibililor fosili. Mai mult, niciun alt acces la o resursă naturală vitală nu este atât de echitabil. Oricare ar fi nivelul local al poluanților din aer, la aceeași altitudine, oriunde în lume o concentrație identică de oxigen este disponibilă oricui, iar populațiile care locuiesc la altitudini mai mari, în locuri ca Tibetul sau Anzii, au demonstrat multe adaptări remarcabile (mai ales concentrații mai ridicate ale hemoglobinei) la concentrațiile scăzute ale oxigenului.[60]

Ce vreau să spun prin toate astea este că nu trebuie să ne facem griji în privința

oxigenului. Totuși, trebuie să fim preocupați de viitorul aprovizionării cu apă. Multe modele regionale, naționale și globale au examinat disponibilitatea apei în viitor. Ele presupun diferite grade ale încălzirii globale și, cu toate că scenariile cele mai defavorabile oferă o perspectivă în general deteriorată, există incertitudini substanțiale care depind de supoziții necesare cu privire la creșterea populației și, prin urmare, a necesarului de apă. La o încălzire de până la 2°C, populațiile expuse la o penurie crescută, indusă de schimbările climatice, pot număra între 500 de milioane și 3,1 miliarde de oameni.[61] Rezerva de apă pe cap de locuitor va scădea la nivel mondial, dar unele bazine fluviale importante (printre care La Plata, Mississippi, Dunărea și Gangele) vor rămâne cu mult deasupra nivelului de penurie, în vreme ce alte bazine deja sărace în apă vor suferi o deteriorare și mai mare (poate cele mai notabile fiind bazinul Tigru-Eufrat din Turcia și Irak și Huang He din China).[62]

Dar majoritatea studiilor converg spre ideea că penuria de apă determinată de cerere va avea un impact mult mai mare decât deficitele induse de schimbările climatice. În consecință, varianta cea mai bună pe care o avem la dispoziție pentru a rezolva problema rezervelor de apă în viitor este să gestionăm cererea, iar unul dintre cele mai bune exemple la scară largă ale faptului că acest lucru funcționează este recenta istorie a reducerii consumului de apă pe cap de locuitor în SUA.[63] În 2015, consumul de apă general din Statele Unite era cu sub 4% mai ridicat decât fusese în 1965 — dar în cei 50 de ani care au trecut între timp populația țării a crescut cu 68%, PIB-ul ei (în bani ajutați la inflație) a cunoscut o creștere de peste patru ori, iar suprafața irigată a terenurilor agricole a crescut cu circa 40%. Aceasta înseamnă că, pe cap de locuitor, consumul de apă a scăzut cu aproape 40%, că intensitatea consumului de apă a economiei americane (unități de apă pe unitate de PIB constantă) a scăzut cu 76% și, întrucât volumul total de apă folosită pentru irigații a fost de fapt ceva mai scăzut în 2015, că aplicările pe unitate de teren agricol au scăzut cu aproape o treime. Există, desigur, limite fizice pentru a reduce și mai mult toate aceste utilizări ale apei, dar experiența Statelor Unite arată că se pot obține câștiguri mult peste cele marginale.

Penuria de apă potabilă poate fi diminuată prin desalinizare — îndepărtarea sărurilor dizolvate din apa marină prin tehnici care pornesc de la distilarea solară și ajung la utilizarea membranelor semipermeabile. Această variantă a devenit mai răspândită în multe țări cu deficit de apă (există circa 18 000 de uzine de desalinizare în toată lumea), dar costurile sunt mult peste cele ale apei dulci obținute din rezervoare sau prin reciclare.[64] Volumele de apă necesară pentru recolte sunt de o amploare mult mai ridicată și cea mai mare parte a producției

de hrană a planetei va continua să se bazeze pe apele din ploi. Dar vor fi acestea suficiente în lumea mai caldă din viitor?

Fotosinteza este întotdeauna un schimb extrem de dezechilibrat de apă internă (din interiorul unei frunze) pentru CO_2-ul extern (din atmosferă). Ori de câte ori o plantă își deschide stomatele (situate pe partea inferioară a frunzelor) ca să importe suficient carbon pentru fotosinteză, pierde mari cantități de apă. De exemplu, randamentul de respirație (biomasa produsă pe unitatea de apă folosită) a grâului (întreaga plantă) este de 5,6 — 7,5 grame pe kilogram, iar aceasta se traduce în circa 240 — 330 de kilograme de apă pe kilogram de grâu recoltat.[65]

Inevitabil, încălzirea globală o să intensifice circuitul apei deoarece temperaturile mai mari vor spori evaporarea. Drept urmare, vor fi în general mai multe precipitații și, în consecință, mai multă apă pentru a fi captată, depozitată și utilizată.[66] Dar mai multe precipitații în general nu va însemna mai multe precipitații pretutindeni, nici — un aspect la fel de important — mai multe precipitații acolo unde ar fi cel mai necesare. La fel ca multe alte schimbări asociate cu un climat mai cald, creșterea precipitațiilor va fi distribuită neuniform. Unele regiuni vor primi mai puțină apă decât astăzi; altele (inclusiv bazinul Yangtze, unde locuiește cea mai mare parte a populației numeroase a Chinei) vor primi semnificativ mai multă apă și este de așteptat ca această creștere să aducă o ușoară reducere a numărului de oameni care locuiesc în mediile cu penurie pronunțată de apă.[67] Dar multe locuri cu mai multe precipitații le vor primi într-o manieră neregulată, sub forma unor ploi sau ninsori mai puțin frecvente, dar mai abundente.

O atmosferă mai caldă va duce și la o pierdere mai semnificativă a apei din plante (evapotranspirația), dar asta nu înseamnă că plantele agricole și pădurile se vor ofili odată cu acest fenomen. Un nivel crescut al dioxidului de carbon atmosferic înseamnă că apa necesară pentru o unitate de produs agricol va scădea dacă atmosfera e mai caldă și mai bogată în CO_2. Acest efect a fost deja măsurat pentru unele culturi, iar grâul și orezul (cereale de larg consum, care se bazează pe cea mai comună cale fotosintetică) își vor crește randamentul de utilizare a apei mai mult decât porumbul sau trestia de zahăr (care folosesc o cale mai puțin comună, dar inerent mai eficientă).[68] Asta înseamnă că, în unele regiuni, grâul și alte plante agricole vor putea produce la fel de mult sau mai mult decât astăzi, chiar dacă precipitațiile primite se vor reduce cu 10 — 20%.

În același timp, producția de hrană la nivel planetar este de asemenea o sursă

importantă de gaze care contribuie la încălzirea globală, în special CO2, din transformarea pădurilor și pășunilor în terenuri agricole (un proces în continuă desfășurare, mai ales în America de Sud și Africa), și emisiile de metan ale animalelor rumegătoare.[69] Dar această realitate prezintă și ea oportunități de ameliorare și ajustare. Culturile agricole pot fi sporite în moduri care să crească materia organică din soluri și, în consecință, stocarea de către acestea a carbonului (prin reducerea sau eliminarea aratului anual), iar emisiile de metan ale animalelor rumegătoare pot fi scăzute dacă se consumă mai puțină carne de vită. Din calculele mele reiese că în viitor — prin reducerea cotei parte a cărnii de vită și crescând-o pe cea a cărnii de porc și de pui, a ouălor și produselor lactate, prin hrănire mai eficientă și prin utilizarea mai bună a reziduurilor de la culturile agricole și a produselor secundare ale procesării alimentelor — vom putea să egalăm producția globală de carne limitând totodată mult impactul animalelor domestice asupra mediului, inclusiv contribuția acestora la emisiile de metan.[70]

Într-o perspectivă mai largă, un studiu recent a ridicat întrebarea dacă va fi posibil să hrănim o viitoare populație de 10 miliarde de oameni (prevăzută la scurt timp după anul 2050) între cele patru frontiere planetare terestre — cu alte cuvinte, să facem acest lucru fără să ducem pământul și pe locuitorii săi la extrem în ceea ce privește încălcarea limitelor legate de integritatea biosferei, utilizarea pământului și a apei dulci și fluxul de azot. Deloc surprinzător, concluzia studiului a fost că, dacă toate aceste frontiere ar fi respectate strict, sistemul alimentar al planetei ar putea să furnizeze hrană zilnică echilibrată (circa 2 400 de kilocalorii pe cap de locuitor) pentru nu mai mult decât 3,4 miliarde de oameni — dar că cele 10,2 miliarde ar putea fi susținute prin redistribuirea terenurilor agricole, o mai bună gestionare a apei și a nutrienților, reducerea pierderilor alimentare și ajustări ale hranei. [71]

Examinări informate ale celor trei necesități existențiale ale vieții — a respira, a bea și a mânca — concură: n-ar trebui să se producă nicio apocalipsă inevitabilă până în 2030 sau 2050. Oxigenul va rămâne abundent. Îngrijorările legate de aprovizionarea cu apă vor crește în multe regiuni, dar avem cunoștințele și ar trebui să fim capabili să mobilizăm mijloacele necesare pentru a evita penuriile la nivel de mase, care pun în pericol viața. Și ar trebui nu doar să menținem, dar și să îmbunătățim aprovizionarea medie cu hrană pe cap de locuitor în țările cu venituri mici, reducând în același timp producția excesivă din țările bogate. Totuși, aceste acțiuni doar vor reduce, nu vor elimina, recurgerea la subsidiile directe și indirecte de combustibili fosili în producția de hrană pentru populația

planetei (vezi capitolul 2). Și, așa cum am explicat în primul capitol, renunțarea la combustibilii fosili nu se poate face repede. Asta înseamnă că, pentru deceniile care urmează, arderea lor va rămâne principalul motor al schimbărilor climatice globale. Cum va afecta acest lucru tendința pe termen lung a încălzirii globale?

Incertitudini, promisiuni și realități

Combinația dintre progresul științific și îmbunătățirea capacităților tehnice înseamnă că în acest moment noi abordăm orice proces complex care implică interacțiunea complicată dintre factorii naturali și acțiunile umane cu avantajul unei înțelegeri considerabile și care se extinde permanent. În același timp, trebuie să ținem seama de gradele incomode de ignoranță și de incertitudinile persistente care fac cu atât mai dificilă orice reacție fermă. Dacă era nevoie de o aducere aminte a acestei realități fundamentale, atunci răspândirea și consecințele pandemiei COVID-19 ne-a furnizat, la nivel planetar, multe lecții cu darul de a ne readuce cu picioarele pe pământ.

Suntem nepregătiți — într-o măsură care i-a luat prin surprindere chiar și pe aceia dintre noi care ne așteptam la probleme majore — pentru un eveniment a cărui producere aproape iminentă putea fi prezisă cu o certitudine de 100%. În 2008, am făcut asta fără echivoc în cartea mea despre catastrofe și tendințe la nivel planetar, evaluând corect chiar și desfășurarea în timp.[72] Deși am identificat aproape imediat constituția genetică a acestui patogen nou, răspunsurile de politică publică națională la răspândirea lui au variat între tratarea lui ca fiind ceva neimportant (Suedia) la măsuri draconice (dar întârziate) de închidere totală a întregii țări (Italia, Spania), și de la negare în faza incipientă (SUA în februarie 2020) la succese într-o primă fază, care ulterior s-au transformat în probleme (Singapore).[73]

Și totuși, la modul fundamental, acesta este un fenomen natural auto-restrictiv, pe care l-am experimentat la scară planetară de trei ori începând de la sfârșitul anilor 1950: chiar și fără niciun vaccin, orice pandemie virală se potolește până la urmă, după ce patogenul infectează un număr relativ mare de oameni și după ce suferă o mutație într-o formă mai puțin virulentă. În schimb, schimbarea

climatică globală este o dezvoltare extraordinar de complexă, al cărei rezultat final depinde de interacțiuni departe de a fi înțelese perfect între multe procese naturale și antropogene. În consecință, avem nevoie, în deceniile care urmează, de mai multe observații, de mai multe studii și de modele climatice mult mai bune pentru a obține evaluări mai exacte ale tendințelor pe termen lung și ale rezultatelor celor mai probabile.

A crede că înțelegerea noastră privind aceste realități dinamice și multifactoriale a atins perfecțiunea înseamnă să confundăm știința încălzirii globale cu religia schimbării climatice. În același timp, nu avem nevoie de un șir nesfârșit de modele noi pentru a întreprinde acțiuni eficiente. Există oportunități uriașe pentru reducerea consumului de energie în clădiri, transporturi, industrie și agricultură și ar fi trebuit să inițiem unele dintre aceste măsuri de economisire a energiei și de reducere a emisiilor cu decenii în urmă, chiar și în absența oricăror îngrijorări legate de încălzirea globală. Încercările de evitare a utilizării inutile de energie, de reducere a poluării aerului și apei și de asigurare a unor condiții de trai mai confortabile trebuie să fie imperative perene, nu acțiuni brușe și disperate menite să prevină o catastrofă.

Remarcabil este faptul că în mare măsură am ignorat luarea de măsuri care ar fi putut limita efectele pe termen lung ale schimbării climatice și care ar fi trebuit luate chiar și în absența oricăror preocupări legate de încălzirea globală, doar pentru că ele aduc economii pe termen lung și asigură un confort mai mare. Și, ca și cum asta n-ar fi fost de ajuns, am introdus în mod deliberat și am promovat răspândirea unor transformări energetice noi care au mărit consumul de energii fosile și, prin urmare, au intensificat emisiile de CO2. Cele mai bune exemple ale acestor omiteri și comiteri sunt codurile cu totul inadecvate pentru construcții din țările cu climă rece și adoptarea pe plan mondial a SUV-urilor.

Întrucât casele noastre există de mult timp (o casă nord-americană bine construită și corespunzător întreținută cu structură din lemn și fundație din beton poate să dureze peste 100 de ani), cu o izolare adecvată a pereților, ferestre de tip termopan cu geam triplu și sisteme de încălzire de mare randament, ele reprezintă o oportunitate unică pentru economii durabile de energie (și, de aici, de reducere a emisiilor de carbon).[74] În 1973, când OPEC a crescut de cinci ori prețul mondial al țițeiului, clădirile din Europa, America de Nord și China de Nord aveau, în majoritate, doar ferestre cu un singur geam; în Canada, ferestrele cu geam triplu vor deveni obligatorii abia din 2030, iar Manitoba a fost prima provincie care a cerut în 2009 instalarea de sobe cu gaze naturale cu randament

ridicat (>90%), la decenii după ce astfel de opțiuni deveniseră disponibile comercial.[75] N-ar fi interesant să aflăm câți dintre delegații sosiți la întrunirile privind încălzirea globală veniți din țările cu climă rece au ferestre cu panouri triple umplute cu gaz inert, ziduri super-izolate termic și sobe cu gaz cu randament de 97%? Tot așa, câți oameni din țările calde au camere corespunzător etanșeizate, astfel încât aparatele de aer condiționat ineficiente și instalate precar la ferestre să nu irosească aerul rece?

Deținerea de SUV-uri a început să crească în SUA spre sfârșitul anilor 1980, apoi acestea s-au răspândit pe toată planeta, iar în 2020 un SUV obișnuit emitea anual cu circa 25% mai mult CO2 decât un automobil standard.[76] Dacă înmulțim asta cu cele 250 de milioane de SUV-uri aflate pe șosele în 2020, vom vedea că adoptarea la scară mondială a acestor mașini a anihilat, chiar de mai multe ori, orice câștiguri în privința decarbonizării care au rezultat din răspândirea lentă a deținerii de vehicule electrice (doar 10 milioane în 2020). În anii 2010, SUV-urile au devenit a doua cauză a creșterii emisiilor de CO2, după generarea electricității și înaintea industriei grele, a transporturilor de mărfuri cu camioanele și a aviației. Dacă achiziționarea lor la nivel de mase continuă, acestea au potențialul de a anula orice reducere a emisiilor de carbon de pe urma celor peste 100 de milioane de vehicule electrice care ar putea rula pe șosele până în 2040!

Al doilea capitol al acestei cărți a detaliat costurile energetice ridicate ale producției moderne de hrană și a evidențiat nivelurile impardonabil de ridicate ale risipei de alimente. Este clar că această combinație prezintă multe oportunități de reducere nu doar a emisiilor de CO2, ci și a emisiilor de CH4 de la cultivarea orezului și animalele rumegătoare și a emisiilor de N2O de la aplicarea excesivă a îngrășămintelor azotoase — precum și emisiile generate de modurile discutabile de a face comerț cu alimente. Este oare necesar să se transporte pe calea aerului afine din Peru în Canada în luna ianuarie și fasole verde din Kenya la Londra? Vitamina C și fibrele pe care aceste produse alimentare le furnizează pot fi obținute din multe alte surse cu amprente de carbon mult mai mici. Și oare n-am putea, având la dispoziție imensele capacități de procesare a datelor, să stabilim prețuri mai bune și mai flexibile pentru alimente, în scopul de a reduce decisiv rata de pierderi alimentare de 30 — 40%? De ce să nu facem ceea ce poate fi făcut, profitabil și imediat, în loc să așteptăm alte exerciții de modelare?

Lista lucrurilor pe care am fi putut să le facem, dar nu le-am făcut, este lungă. Și

ce am făcut ca să evităm sau să inversăm desfășurarea schimbărilor climatice în cele trei decenii de când încălzirea globală a devenit un subiect dominant în discursul modern? Datele sunt clare: între 1989 și 2019, am crescut emisiile antropogene de gaze cu efect de seră cu circa 65%. Chiar dacă deconstruim această medie planetară, vedem că țările bogate, cum ar fi SUA, Canada, Japonia, Australia și cele din UE, al căror consum de energie pe cap de locuitor era foarte ridicat cu trei decenii în urmă, și-au redus într-adevăr emisiile, dar numai cu circa 4%, în vreme ce în India emisiile au crescut de patru ori, iar în China au crescut de 4,5 ori.[77]

Combinația dintre inacțiunea noastră și natura extraordinar de dificilă a provocării numite încălzirea globală este ilustrată cel mai bine de faptul că cele trei decenii de conferințe internaționale de anvergură despre schimbările climatice nu au avut niciun efect asupra cursului emisiilor de CO2 la nivel mondial. Prima conferință ONU privind clima a avut loc în 1992; începând din 1995 (la Berlin), s-au organizat conferințe anuale pe tema schimbărilor climatice și au inclus mult mediatizatele întruniri din Kyoto (1997, cu acordul ei complet ineficient), Marrakesh (2001), Bali (2007), Cancun (2010), Lima (2014) și Paris (2015).[78] Este limpede că delegaților la conferințe le place să călătorească spre aceste destinații pitorești fără să se gândească nicio clipă la temutele amprente de carbon generate de zborurile cu avioane cu reacție.[79]

În 2015, circa 50 000 de oameni au zburat la Paris pentru a participa la o nouă conferință la care ar fi urmat să încheie, după cum am fost asigurați, un acord „de referință“ — și în același timp „ambițios“ și „fără precedent“ — și totuși acordul de la Paris nu a formulat (pentru că nu a putut) nicio țintă specifică de reducere pentru cei mai mari emițători din lume și ar avea drept rezultat, chiar dacă toate angajamentele voluntare neobligatorii ar fi respectate (ceva absolut imposibil)o creștere de 50% a emisiilor până în 2050.[80] Cu adevărat „de referință“.

Aceste conferințe nu ar fi putut să oprească nici extinderea extracției de cărbune din China (între 1995 și 2019, aceasta a crescut de peste trei ori, ajungând să fie aproape egală cu totalul extras în restul lumii), nici preferința mondială pentru masivele SUV-uri, despre care tocmai am amintit, și nu ar fi putut convinge milioane de familii să nu mai cumpere — de îndată ce veniturile în creștere le-au permis — aparate de aer condiționat noi care să funcționeze în nopțile fierbinți și umede din Asia bântuită de musoni și care, în consecință, nu vor putea fi alimentate prea curând cu electricitate solară.[81] Efectul combinat al acestor

solicitări: între 1992 și 2019, emisiile de CO_2 pe plan mondial au crescut cu circa 65%, iar cele de CH_4 cu circa 25%.[82]

Ce am putea face în deceniile care urmează? Trebuie să începem cu recunoașterea realităților fundamentale. Înainte, o creștere cu 2°C a temperaturii medii globale era considerată un maximum tolerabil, iar în 2018, IPCC a coborât asta la doar 1,5°C — dar în 2020 deja am adăugat două treimi din acest maximum preferabil al creșterii de temperatură. Mai mult, în 2017, o evaluare care a luat în considerare capacitatea oceanelor de a absorbi carbonul, dezechilibrele energetice ale planetei și comportamentul particulelor fine în atmosferă a conchis că încălzirea globală deja produsă (cauzată de emisiile din trecut și devenită realitate, chiar dacă toate emisiile noi ar înceta instantaneu) a adăugat 1,3°C și prin urmare ar mai fi nevoie doar de încă 15 ani ca prin aceste emisii noi să se depășească pragul de 1,5°C.[83] Această ultimă analiză a efectelor combinate a concluzionat că suntem deja angajați într-o încălzire globală de 2,3°C.[84]

Ca de fiecare dată, aceste concluzii au propriile lor marje de eroare, dar pare foarte probabil ca proverbialul cal al încălzirii de 1,5°C să fi scăpat deja din grajd. Chiar și așa, multe instituții, organizații și guverne continuă să teoretizeze despre menținerea calului în padoc. Raportul IPCC privind încălzirea de 1,5°C oferă un scenariu bazat pe o asemenea reversiune bruscă și persistentă a utilizării combustibililor fosili, încât emisiile de CO_2 la nivel planetar s-ar înjumătăți până în 2030 și ar fi eliminate până în 2050[85] — iar alți creatori de scenarii ne oferă acum sugestii amănunțite despre cum să punem capăt rapid epocii carbonului fosil. Computerele înlesnesc construirea a numeroase scenarii de eliminare rapidă a carbonului, dar cei care își fundamentează căile preferate pe un viitor cu carbon-zero ne datorează explicații realiste, nu doar seturi mai mult sau mai puțin arbitrare de supoziții extrem de improbabile, desprinse de realitățile tehnice și economice și care ignoră natura înglobată, scara enormă și uriașa complexitate ale sistemelor noastre energetice și materiale. Trei exerciții recente ne oferă ilustrări excelente ale acestor zboruri ale imaginației neîngrădite de considerațiile lumii reale.

Când confunzi dorințele cu realitatea

Primul scenariu, pregătit în cea mai mare parte de cercetătorii din UE, pornește de la supoziția că în 2050 cererea de energie medie globală pe cap de locuitor va fi cu 52% mai mică decât era în 2020. O astfel de scădere substanțială ar face ușor de menținut creșterea temperaturii planetare sub 1,5°C (adică, dacă încă mai credem că un astfel de lucru este posibil).[86] Bineînțeles — și după cum voi relua în capitolul final — când construim scenarii pentru durate lungi, putem să inserăm orice presupuneri arbitrare ca să se îndeplinească rezultatele preconcepute. Dar cum se aliniază supozițiile acestui scenariu cu trecutul recent?

Reducerea la jumătate a cererii de energie pe cap de locuitor în trei decenii ar fi o înfăptuire uluitoare, dat fiind faptul că în precedenții 30 de ani cererea de energie globală pe cap de locuitor a crescut cu 20%. Proiecția presupune că o cerere de energie mult redusă va fi efectul combinat al îndepărtării de ideea de proprietate asupra bunurilor, al digitalizării vieții cotidiene și al răspândirii rapide a inovațiilor tehnice privind transformarea și stocarea diferitelor forme de energie.

Primul dintre motoarele sugerate ale dispariției cererii (să deținem mai puține bunuri) este o credință academică pentru care există puține dovezi, dat fiind că toate categoriile consumului personal — măsurate prin cheltuielile casnice anuale — au crescut chiar și în țările bogate. Pe o piață deja saturată și în condițiile unui trafic deja congestionat, numărul de mașini deținute la mia de locuitori din UE a crescut cu 13% între 2005 și 2017, iar în ultimii 25 de ani a crescut cu circa 25% în Germania și cu 20% în Franța. Dacă reducerea cererii și declinul gradual al deținerii de bunuri materiale este dezirabilă și probabilă, înjumătățirea cererii este o țintă arbitrară și improbabilă.

Mai important este faptul că cei care propun acest scenariu nerealist permit doar o creștere cu un factor de doi pentru toate modurile de mobilitate în următoarele trei decenii în ceea ce ei numesc Sudul Global (o etichetare comună, dar cât se poate de inexactă a țărilor cu venituri mici, în special din Asia și Africa), și o creștere cu un factor de trei în deținerea de bunuri de consum. Dar în China din ultima generație, creșterea s-a produs la o scară cu totul diferită: în 1999, în țară existau doar 0,34 mașini la 100 de locuințe urbane, pentru ca în 2019, numărul acestora să depășească 40. Asta înseamnă o creștere de peste 100 de ori în numai două decenii.[88] În 1990, 1 din 300 de gospodării urbane avea o unitate de aer condiționat montată la fereastră; până în 2018, numărul unităților a crescut la

142,2 pe 100 de gospodării, adică o creștere de peste 400 de ori în mai puțin de trei decenii. În consecință, chiar dacă acele țări al căror standard de viață este astăzi acolo unde se afla China în 1999 ar atinge doar o zecime din dezvoltarea recentă a Chinei, în acele țări s-ar înregistra o creștere de 10 ori a deținerii de autoturisme și o creștere de 40 de ori a numărului de aparate de aer condiționat. De ce au impresia cei care propun acest scenariu al scăderii cererii de energie că indienii și nigerienii din zilele noastre nu vor dori să micșoreze distanța care îi separă de gradul de deținere a bunurilor materiale al chinezilor?

Deloc surprinzător, ultimul raport privind decalajul global al producției — un material publicat anual care scoate în evidență discrepanța dintre producția de combustibili fosili planificată de țările individuale și nivelurile emisiei la nivel planetar necesare pentru a limita încălzirea la 1,5°C sau 2°C — nu relevă niciun fel de angajare în scăderea bruscă a tendințelor; de fapt, chiar dimpotrivă.[89] În 2019, principalii consumatori de energii fosile își propuneau să producă până în 2030 cu 120% mai mulți combustibili decât ar fi în concordanță cu limitarea încălzirii globale la 1,5°C și oricare ar fi efectul final al pandemiei de COVID-19, declinul rezultant al consumului va fi atât temporar, cât și prea mic ca să inverseze tendința generală.

În al doilea scenariu de conformare la obiectivul decarbonizării complete până în 2050, un grup numeros de cercetători din domeniul energiei de la Universitatea Princeton a schițat transformările necesare în SUA.[90] Producătorii scenariului de la Princeton au recunoscut că va fi imposibil să se elimine în întregime consumul de combustibili fosili și că singura cale de atingere a obiectivului de zero emisii nete este să se recurgă la ceea ce ei denumesc „al patrulea pilon“ al strategiei lor generale — la captarea la nivel de masă a carbonului și depozitarea dioxidului de carbon emis — iar după calculele lor, ar fi nevoie ca anual să se elimine 1,7 gigatone de gaz. Când facem comparația pe o bază de volume echivalente, aceasta ar necesita crearea unei întregi industrii de captare-transportare-depozitare a gazului, care în fiecare an va trebui să prelucreze de 1,3 — 2,4 ori volumul producției actuale de țiței din SUA, o industrie pentru edificarea căreia a fost nevoie de peste 160 de ani și bilioane de dolari.

Cea mai mare parte a depozitării carbonului ar urma să aibă loc de-a lungul coastei Golfului Texas, iar pentru asta va fi nevoie să se construiască circa 110 000 de kilometri de conducte de CO2 noi, necesitând o viteză nemaiîntâlnită în planificarea, autorizarea și construirea unor legături extinse într-o societate devenită celebră prin apetența sa pentru litigii și rezistența de tip

NIMBY******** sau „nu în curtea mea“.[91]

În același timp, sume suplimentare de bani vor trebui cheltuite pe dezasamblarea infrastructurii de transmisie existente a industriei americane de petrol și gaze. Dată fiind bogata experiență istorică în privința depășirilor considerabile de costuri pe termen lung, nu putem avea încredere în nicio estimare privind cheltuielile pentru următoarele trei decenii, nici măcar în ceea ce privește ordinul lor de mărime.

Atingerea decarbonizării complete până în 2050 este un obiectiv blând în comparație cu al treilea scenariu, care extinde obiectivele US Green New Deal (adoptat de Congresul american în 2019) la 143 de țări și descrie modul în care cel puțin 80% din producția de energie la nivel mondial va fi decarbonizată până în 2030 grație energiei regenerabile de tip eolian, hidro și solar (WWS), a cărei furnizare va reduce nevoile generale cu 57%, costurile financiare cu 61% și costurile sociale (legate de sănătate și climă) cu 91%: „Astfel, energia 100% regenerabilă necesită mai puțină energie, costă mai puțin și creează mai multe joburi decât energia curentă“.[92] Nu sunt deloc puține instituțiile media, celebritățile și autorii de bestselleruri care repetă, susțin și amplifică aceste afirmații, de la Rolling Stone la New Yorker (nicio surpriză aici) și de la Noam Chomsky (care tocmai își adaugă energia ca ultimul său domeniu de competență) la Jeremy Rifkin, în opinia căruia fără o astfel de intervenție civilizația noastră bazată pe combustibili fosili se va prăbuși până în 2028.[93]

Dacă ar fi adevărate, aceste afirmații și manifestările entuziaste de susținere a lor ridică o întrebare evidentă: de ce să ne mai facem griji în privința încălzirii globale? De ce să ne înspăimânte ideea unei morți planetare timpurii, de ce să simțim imboldul de a ne alătura Rebeliunii împotriva Extincției? Cine s-ar putea opune unor soluții care sunt și ieftine, și cu efecte aproape instantanee, creează nenumărate joburi bine plătite și asigură un viitor lipsit de griji pentru generațiile viitoare? Nu trebuie decât să cântăm cu toții din această carte a imnurilor verzi, să urmăm aceste prescripții complet regenerabile și o nouă nirvana planetară va sosi în doar un deceniu — sau, dacă lucrurile mai întârzie un pic, până în 2035.[94]

Din păcate, o lectură atentă ne arată că aceste prescripții magice nu oferă nicio explicație pentru modul în care cei patru piloni materiali ai civilizației moderne (cimentul, oțelul, materialele plastice și amoniacul) vor fi produse numai cu electricitate regenerabilă și nici nu explică în mod convingător cum transportul aviatic, naval și rutier (cărora le datorăm globalizarea economică modernă) ar

putea să scape de dependența de carbon în proporție de 80% până în 2030; ele doar afirmă că așa ceva va fi posibil. Cititorii atenți își vor aminti (vezi capitolul 1) că în primele decenii ale secolului XXI, eforturile fără precedent ale Germaniei în ceea ce privește decarbonizarea (bazată pe energiile eoliană și solară) au reușit să crească până la 40% cotele parte ale electricității de origine eoliană și solară, dar cota parte a combustibililor fosili în utilizarea primară a energiei a scăzut doar de la 84 la 78%.

Ce opțiuni miraculoase vor sta la dispoziția țărilor africane, care acum se bazează pe combustibili fosili pentru a furniza 90% din energia lor primară astfel încât să-și scadă dependența la 20%, economisind totodată sume enorme de bani? Și cum vor reuși China și India (ambele țări continuând să-și extindă extracția de cărbune și generarea electricității pe bază de cărbune) să renunțe dintr-odată la cărbune? Dar aceste critici la adresa scenariilor publicate privind transformarea rapidă sunt într-adevăr irelevante. N-are niciun sens să argumentezi împotriva a ceea ce în esență este echivalentul academic al science fiction-ului. Acestea încep prin stabilirea arbitrară a unor obiective (zero până în 2030 sau 2050) și merg apoi retroactiv pentru a introduce acțiuni prezumate care să se alinieze cu acele realizări, fiind prea puțin sau deloc preocupate de nevoile socioeconomice reale și de imperativele tehnice.

Prin urmare, realitatea ne presează de la ambele capete. Scara enormă, costurile și inerția tehnică a activităților dependente de carbon fac imposibilă eliminarea tuturor acestor utilizări în doar câteva decenii. Așa cum am detaliat în capitolul despre energie, nu putem să punem capăt acestei dependențe atât de rapid și toate previziunile realiste pe termen lung concură: mai ales, chiar și în cel mai agresiv scenariu de decarbonizare al IEA, până în 2040 combustibilii fosili vor furniza 56% din cererea de energie globală la nivel planetar. Similar, scara enormă și costurile cererilor pentru materiale și energie fac imposibilă recurgerea la captarea directă din aer ca la o componentă decisivă a decarbonizării globale rapide.

Dar putem realiza lucruri importante nu prefăcându-ne că urmărim realizarea unor obiective nerealiste și arbitrare. Un aspect cât se poate de evident este că istoria nu se desfășoară ca un exercițiu academic computerizat, în care realizările importante cad în ani care se termină cu zero sau cinci; este plină de discontinuități, reversiuni și abateri imprevizibile. Putem trece destul de repede la înlocuirea electricității pe bază de cărbune la cea pe bază de gaze naturale (când sunt produse și transportate fără scurgeri semnificative de metan, acestea

au o intensitate substanțial mai mică decât cărbunele) și prin extinderea generării eoliene și solare a electricității. Ne putem despărți de SUV-uri și să accelerăm răspândirea la nivel de mase a mașinilor electrice și încă mai avem deficiențe mari în utilizarea electricității în construcții, în gospodării și în activitățile comerciale, care pot fi reduse sau eliminate în mod profitabil. Dar nu putem schimba instantaneu cursul unui sistem complex care constă în peste 10 miliarde de tone de cărbune fosil și să transformăm energiile la o rată mai mare de 17 terawați, doar pentru că cineva decide că, într-un viitor apropiat, curba consumului global își va înceta ascensiunea lungă de secole și va trece imediat la un declin susținut și relativ rapid.

Modele, îndoieli și realități

Care este motivul pentru care unii oameni de știință continuă să schițeze astfel de curbe descendente, care conduc la o decarbonizare aproape instantanee? Și de ce alții promit sosirea iminentă a unor super-soluții tehnice, care vor susține niveluri ridicate de trai pentru întreaga omenire? Și de ce sunt aceste propuneri iluzorii luate atât de des drept previziuni serioase și sunt atât de ușor crezute de oameni care n-ar încerca nicio secundă să le pună la îndoială supozițiile? Voi avea mai multe de spus despre acest lucru în capitolul final, dar aici voi aminti câteva observații legate de preocuparea, devenită acum atât de dominantă, privind schimbările de mediu la nivel planetar.

De omnibus dubitandum (Îndoiește-te de orice) trebuie să fie nu doar un citat cartezian durabil, ci trebuie să rămână însăși fundația metodei științifice. Vă amintiți că am deschis acest capitol cu o listă de nouă granițe planetare, a căror încălcare pune în pericol starea de bine a biosferei noastre? Păstrarea lor în cadrul unor limitări sigure pare a fi o concluzie evidentă pentru că ele identifică cele mai importante preocupări existențiale perene — și totuși o listă pregătită cu 40 de ani în urmă ar fi arătat cu totul altfel. Ploaia acidă (sau, mai corect, precipitațiile acidificatoare) ar fi fost, cel mai probabil, pe primul loc, deoarece, la începutul anilor 1980, erau văzute, printr-un larg consens, drept principala problemă a mediului înconjurător.[95]

Sărăcirea ozonului stratosferic ar fi lipsit din listă pentru că mult hulita gaură din

pătura de ozon de deasupra Antarcticii a fost descoperită abia în 1985. Iar dacă ar fi fost prezentă, schimbările climatice antropogene și acidificarea oceanelor asociată cu acestea s-ar fi aflat aproape de josul listei.[96] Și chiar dacă ne-am concentra pe îngrijorări perene cum ar fi schimbarea utilizării terenurilor (dominată de despăduriri), pierderea biodiversității (de la emblematicii urși panda și koala la coloniile de albine și rechini), și proviziile de apă dulce, îngrijorările noastre au evoluat considerabil, devenind mai acute în unele privințe (acum ne facem mai multe griji cu privire la retragerea apei subterane și excesul de nutrienți care creează zone moarte în regiunile de coastă) și mai puțin presante în altele (probabil cel mai remarcabil este faptul că pădurile au înregistrat o revenire substanțială, nu doar în toate țările bogate, ci și în China).[97]

Când privim spre viitor, trebuie să redobândim o perspectivă critică în abordarea tuturor modelelor care explorează aspectele complexe de mediu, tehnice și sociale. Nu există limite pentru asamblarea unor astfel de modele sau, cum se spune într-un limbaj la modă, construirea de narațiuni. Autorii lor pot alege, așa cum au făcut în ultima vreme atât de multe modele climatice, supoziții excesive privind utilizarea energiei în viitor și pot obține niveluri foarte ridicate ale încălzirii, generând titluri de presă care evocă un viitor infernal.[98] Adoptând o abordare opusă, alți creatori de modele pot să postuleze că până în 2050 se va trece 100% la electricitate termonucleară ieftină sau pe bază de fuziune rece ori, alternativ, pot permite expansiunea fără limite a arderii combustibililor fosili, pentru că modelul lor folosește niște tehnici miraculoase, care nu doar că vor îndepărta din atmosferă orice volum de CO2, dar îl vor și recicla ca materie primă pentru sintetizarea combustibilului lichid — toate acestea cu costuri care vor scădea constant.

Bineînțeles, ei mărșăluiesc alături de mulțimile entuziasmate de noile tehnologii, a căror naivitate compară toate schimbările tehnice cu recentele dezvoltări din industria electronică, în special în domeniul telefoanelor mobile. Iată cum se exprima un director executiv din domeniul energiei verzi în 2020: „Vă amintiți cum am transformat telefonia de la telefoanele fixe la cele mobile, televiziunea de la ceea ce se difuza la televizor la ceea ce ne place să vizionăm, de la cumpărarea ziarelor la personalizarea fluxurilor noastre de știri? Revoluția energetică, dirijată de oameni și propulsată de tehnologie, va fi la fel“.[99] Cum s-ar putea ca schimbarea unui dispozitiv (de la cel fix la cel mobil), a cărui utilizare sigură depinde de un sistem masiv, complex și extrem de fiabil de generare a electricității (dominat de mii de centrale pe bază de combustibili fosili, nucleare și hidrocentrale), de transformare și transport (cuprinzând sute de

mii de kilometri de rețele de întindere națională sau chiar continentală)să fie la fel ca schimbarea întregului sistem de la bază?

O mare parte din această gândire fără oprelişti apare aşa cum este intenționată — de la înspăimântătoare la minunată — şi pot să înțeleg de ce mulți oameni sunt atraşi fie de aceste amenințări, fie de sugestiile nerealiste. Doar imaginația limitează aceste supoziții: ele acoperă întreagă gamă, de la destul de plauzibile la evident iluzorii. Este vorba de un gen ştiințific nou în care doze substanțiale de gândire care ia iluziile drept realitate sunt amestecate cu câteva adevăruri solide. Toate aceste modele trebuie văzute în principal ca exerciții euristice, ca baze pentru gândirea referitoare la variante şi abordări, şi nu trebuie nicio clipă confundate cu descrieri clarvăzătoare ale viitorului nostru. Îmi doresc ca această dojană să fie atât de evidentă, atât de banală şi atât de superfluă precum pare!

Indiferent de gravitatea percepută (sau modelată) a provocărilor globale de mediu, nu există soluții rapide, universale şi larg accesibile la despăduririle tropicale sau la pierderea biodiversității, la eroziunea solului sau la încălzirea globală. Dar încălzirea globală prezintă o provocare neobişnuit de dificilă tocmai pentru că este un fenomen cu adevărat global şi fiindcă cea mai importantă cauză antropogenă a sa este arderea combustibililor care constituie masiva fundație energetică a civilizației moderne. În consecință, energiile care nu se bazează pe carbon vor putea înlocui complet carbonul fosil într-un interval de unu până la trei decenii NUMAI dacă vom fi dispuşi să suportăm o reducere substanțială a nivelului de trai în toate țările bogate şi să negăm țărilor în curs de modernizare din Asia şi Africa ameliorări ale nivelului de trai colectiv cu măcar o fracțiune din ceea ce a realizat China din 1980 încoace.

Totuşi, reduceri substanțiale ale emisiilor de carbon — ca rezultat al combinației dintre creşterile continue de randamente, o mai bună proiectare a sistemelor şi moderarea consumului — sunt posibile şi o urmărire hotărâtă a acestor obiective va limita în cele din urmă rata încălzirii globale. Dar nu putem şti în ce măsură vom reuşi asta până în 2050, iar să ne gândim la anul 2100 ne depăşeşte cunoştințele. Putem descrie cazuri extreme, dar în doar câteva decenii, paleta rezultatelor posibile devine prea largă şi, în orice caz, progresul oricărei decarbonizări finale este condiționat nu doar de acțiunile noastre reparatorii deliberate, ci şi de schimbările imprevizibile survenite în bogățiile naționale.

A existat oare un singur creator de modele climatice care să prezică în 1980 cel mai important factor antropogen care a determinat creşterea încălzirii globale în

ultimii 30 de ani: ascensiunea economică a Chinei? La acea dată, chiar și cele mai bune modele, toate fiind descendente directe ale modelelor circulației atmosferice globale dezvoltate în anii 1960, nu aveau nicio șansă să reflecte schimbările imprevizibile ale avuțiilor naționale și în același timp ignorau interacțiunile dintre atmosferă și biosferă. Ceea ce n-a făcut acele modele inutile, pentru că ele au presupus o creștere continuă a emisiilor de gaze cu efect de seră la nivel planetar și, în general, au prezis destul de exact rata încălzirii globale.[100]

Numai că o bună estimare a ratei generale este doar începutul. Pentru a folosi încă o dată analogia COVID-19, aceasta ar echivala cu a face o prognoză în 2010 potrivit căreia — pornind de la informațiile legate de ultimele trei pandemii și ajustând pentru o populație mai numeroasă — numărul deceselor la nivel mondial în primul an al următoarei pandemii globale va fi de circa 2 milioane.[101] Asta s-ar apropia foarte mult de totalul efectiv — dar oare acea prognoză (presupunând corect, pe baza numeroaselor antecedente, că pandemia va izbucni în China) ar atribui totodată doar 0,24% din acele decese (în termeni absoluți, mai puține decât în Grecia sau Austria) Chinei, o țară în care trăiește aproape 20% din toată populația planetei — și aproape 20% Statelor Unite, o țară mult mai bogată și (cu siguranță crede asta despre sine) mult mai competentă, cu mai puțin de 5% din populația mondială?

Și, chiar mai incredibil, ar fi prezis că numărul cel mai mare de decese va fi concentrat în cele mai bogate economii occidentale, care se mândresc cu sistemele avansate de ocrotire a sănătății oferite de stat? În martie 2021, când pandemia a intrat oficial în al doilea an (OMS a proclamat-o pe 11 martie 2020, deși infecția se răspândise în China cel puțin din decembrie 2019), toate primele 10 țări cu cele mai mari mortalități cumulative (peste 1 500 pe milion; sau 1,5 din fiecare 1 000 de oameni a murit de COVID-19) erau din Europa, inclusiv 6 țări din UE și Regatul Unit. Și cine ar fi putut să prevadă că mortalitatea din SUA (și ea peste 1 500) va fi cu două ordine de mărime peste cea a Chinei, de 3 morți la 1 milion?[102] În mod evident, chiar și o prognoză extrem de exactă a mortalității totale provizorii cauzate de COVID-19 nu ar furniza nicio îndrumare specifică pentru formularea celor mai bune răspunsuri la nivel național.

În mod asemănător, ascensiunea post-1980 a Chinei (precum și a Indiei) a schimbat circumstanțele oricărui răspuns la creșterea emisiilor de gaze cu efect de seră la nivel mondial. În 1980, la patru ani de la moartea lui Mao Zedong, produsul economic pe cap de locuitor al Chinei era mai puțin de un sfert din media nigeriană și nu existau automobile private; doar liderii de la vârful

Partidului Comunist care locuiau în izolarea oferită de Zhongnanhai (fosta grădină imperială din Orașul Interzis, acum sediul central al Partidului Comunist) beneficiau de aer condiționat; iar China producea doar 10% din emisiile globale de CO_2.[103]

În 2019, China era cea mai mare economie a lumii din perspectiva puterii de cumpărare; PIB-ul pe cap de locuitor era de cinci ori cât media nigeriană; țara era cel mai mare producător de automobile din lume; jumătate din toate locuințele urbane aveau câte două unități de aer condiționat montate la ferestre; lungimea rețelei sale de trenuri rapide depășea lungimea combinată a tuturor legăturilor feroviare din țările UE; și circa 150 de milioane din cetățenii săi călătoriseră în străinătate. În același timp, țara emitea acum 30% din dioxidul de carbon planetar generat de combustibilii fosili. În schimb, emisiile combinate din SUA și UE28 au scăzut de la 60% din totalul mondial în 1980 la 23% în 2019 și (ca urmare a ratelor scăzute ale creșterii economice, îmbătrânirii și chiar declinului populațiilor și a delocalizării pe scară largă a producției industriale în Asia) și este extrem de improbabil să mai crească vreodată contribuția lor combinată.

Privind spre viitor, cea mai mare parte din puterea necesară pentru a instaura schimbări semnificative va sta tot mai mult în modernizarea economiilor din Asia: excluzând țările cu venituri mari și cu o creștere lentă sau chiar zero a populației (Japonia, Coreea de Sud și Taiwan), continentul produce acum jumătate din totalul emisiilor. Și, cu toate că transformarea în curs a Africii sub-sahariene a fost mult mai lentă, populația ei combinată de circa 1,1 miliarde aproape că se va dubla în următorii 30 de ani, va cuprinde cu aproape 50% mai mulți locuitori decât China (țara pe care toate economiile cu venituri scăzute vor s-o emuleze) și o evaluare critică a viitorului electricității pentru acest continent indică spre un blocaj al emisiilor de dioxid de carbon, în care generarea pe bază de combustibili fosili rămâne dominantă, iar cota energiilor regenerabile non-hidro rămâne sub 10% în 2030.[104]

Înălțarea și declinul națiunilor nu este singura incertitudine legată de progresul și efectele încălzirii globale. Vestea bună recentă este că pădurile lumii au fost un rezervor de absorbție a carbonului (stocând mai mult decât emit), scoțând din circuit cam 2,4 miliarde de tone de carbon în fiecare dintre anii cuprinși între 1990 și 2007, iar datele satelitare pentru 2000 — 2017 arată că o treime din suprafața acoperită cu vegetație a planetei s-a înverzit (prezentând o creștere semnificativă a suprafeței medii acoperite anual de plantele cu frunze verzi, ceea

ce confirmă că acum este absorbită și depozitată o cantitate mai mare de carbon) și doar 5% s-a colorat în brun (arătând o pierdere de frunze semnificativă).[105] Acest efect a fost deosebit de evident în terenurile agricole cultivate intensiv din China și India, iar în China efectul a mai fost observat și în pădurile aflate în extindere ale țării.

Dar vestea nu la fel de bună (știați că o să vină…) este că între 1900 și 2015 biosfera a pierdut 14% din numărul total al arborilor ca urmare a tăierilor și, nu mai puțin semnificativ, mortalitatea în rândul copacilor s-a dublat în aceeași perioadă, copacii mai bătrâni (și mai înalți) reprezentând o parte mai mare din aceste pierderi. Pădurile lumii devin mai tinere și mai puțin înalte, nemaifiind prin urmare capabile să depoziteze la fel de mult carbon ca în trecut.[106] Ratele mai mari de creștere par să scurteze viața arborilor pentru aproape toate speciile și climatele, astfel încât existența unor depozite substanțiale de carbon s-ar putea să fie doar trecătoare.[107] Și, de câte ori nu ați auzit că, în mod inevitabil, primele locuri care vor dispărea sub nivelurile crescute ale mării cauzate de încălzirea globală vor fi cele de pe coaste în general și țările-insule din Pacific în particular?[108] Cu toate acestea, o analiză recentă a schimbării țărmurilor într-o perioadă de patru decenii în toate cele 101 insule din țara de atoli din Pacific numită Tuvalu (la nord de Fiji și la est de Insulele Solomon) arată că, de fapt, suprafața de uscat a țării a crescut cu aproape 3%.[109] Concluziile pripite și generalizatoare trebuie evitate întotdeauna.

Evoluția societăților este afectată de imprevizibilitatea comportamentului uman, de schimbările bruște ale traiectoriilor istorice îndelungate, de înălțarea și declinul națiunilor, și este însoțită de capacitatea noastră de a pune în practică schimbări semnificative. Aceste realități afectează multe procese complexe (și departe de a fi înțelese în mod satisfăcător) ale biosferei. Și pentru că adesea dau naștere unor răspunsuri naturale contradictorii, cum ar fi faptul că pădurile sunt în același timp rezervoare de absorbție și surse de carbon, este imposibil să spunem cu încredere unde ne vom afla — din perspectiva consumului de combustibili fosili, a ritmului decarbonizării sau a consecințelor asupra mediului — în 2030 sau 2050.

În mod deosebit, ceea ce rămâne sub semnul întrebării este hotărârea noastră colectivă — în acest caz, globală — de a acționa efectiv măcar în privința unor provocări esențiale. Soluții, ajustări și adaptări sunt disponibile. Țările bogate și-ar putea reduce considerabil media utilizării energiei pe cap de locuitor și tot și-ar păstra o calitate decentă a vieții. Răspândirea largă a unor soluții tehnice

simple, pornind de la obligativitatea ferestrelor cu geamuri triple până la proiectarea unor vehicule mai durabile ar avea efecte cumulative semnificative. Reducând la jumătate pierderile alimentare și schimbând compoziția consumului de carne la nivel planetar am putea reduce emisiile de dioxid de carbon fără să degradăm calitatea hranei.

Remarcabil este faptul că aceste măsuri sunt absente sau au o prioritate scăzută în enumerările tipice ale apropiatelor „revoluții“ de reducere a emisiilor de CO2, care se bazează pe depozitarea la scară mare a electricității (încă nedisponibilă) sau pe promisiunea unei captări nerealist de masive a dioxidului de carbon și a depozitării subterane a acestuia. Nu e nimic nou în aceste așteptări exagerate.

În 1991, un bine-cunoscut activist de mediu scria despre „diminuarea încălzirii globale pentru distracție și profit“.[110] Dacă această promisiune ar fi adus măcar de departe cu realitatea, nu ne-am fi confruntat, după trei decenii, cu suferințele morale tot mai mari ale catastrofiștilor încălzirii. În mod similar, acum ni se promit inovații „disruptive“ uluitoare și „soluții“ generate de inteligența artificială. Realitatea este că orice măsuri îndeajuns de eficiente vor fi categoric ne-magice, graduale și costisitoare. Vreme de milenii, am transformat mediul înconjurător la scări tot mai mari și cu intensitate crescândă și am obținut multe beneficii de pe urma acestor schimbări — dar, în mod inevitabil, biosfera a avut de suferit. Există modalități de reducere a acelor efecte, dar hotărârea de a le pune în practică la scările necesare a lipsit, iar dacă începem să acționăm într-o manieră suficient de eficientă (iar acum asta impune să o facem la scară planetară) va trebui să plătim un preț considerabil în plan economic și social. Vom face asta, în cele din urmă, în mod deliberat și cu spirit vizionar; vom acționa doar când condițiile deteriorate ne vor obliga; sau vom eșua în a acționa într-o manieră semnificativă?

******** Inițialele de la denumirea în engleză a instituției: Intergovernmental Panel on Climate Change. (N.t.)

******** Inițialele expresiei „not in my backyard“. (N.t.)

Capitolul 7

Să înțelegem viitorul

Între apocalipsă și singularitate

„Apocalipsă“ vine, prin intermediul latinei, din greaca veche, ἀποκάλυψις. Literalmente, înseamnă „descoperire“. În contextul creștin, înțelesul s-a deplasat către o dezvăluire profețită sau o revelație a celei de-a doua veniri, iar în utilizarea modernă termenul a devenit sinonim cu sfârșitul vieții pe Pământ, ziua Judecății de Apoi sau — ca să folosim un alt termen biblic din greacă — Armageddon.[1] Clar și categoric.

Viziunile apocaliptice privind viitorul — cu diferitele iaduri oferite de principalele religii — au fost revitalizate cu tărie de propovăduitorii moderni ai sfârșitului lumii, care au arătat spre creșterea rapidă a populației, poluarea mediului sau acum, într-o măsură tot mai mare, spre încălzirea globală ca fiind păcatele care ne vor duce în infern. Spre deosebire de aceștia, incorigibilii tehno-optimiști continuă tradiția credinței în miracole și a oferirii mântuirii eterne. Se întâmplă adesea să citim despre modul în care inteligența artificială și sistemele de învățare profundă ne vor purta tocmai până la „singularitate“. Acest termen vine din latinescul singularis, care înseamnă „individual, unic, fără pereche“ — dar în acest capitol el se referă la noțiunea de singularitate propusă de futurologul Ray Kurzweil, adică la semnificația matematică a termenului ca un punct în timp în care funcția capătă o valoare infinită.[2] El prezice că, până în anul 2045, inteligența mașinilor va fi depășit inteligența umană, ceea ce el denumește inteligența biologică și cea non-biologică se vor contopi, iar inteligența mașinilor va umple universul cu o viteză infinită.[3] Aceasta este înălțarea supremă. Va face din colonizarea restului universului o întreprindere inevitabil lipsită de eforturi.

Modelarea pe termen lung a sistemelor complexe se bazează adesea pe producerea unei palete de rezultate posibile constrânse de extreme plauzibile. Apocalipsa și singularitatea oferă două noțiuni absolute: viitorul nostru va trebui să se situeze undeva în interiorul acestui domeniu atotcuprinzător. Ceea ce a fost atât de remarcabil în legătură cu anticipările moderne ale viitorului a fost modul în care acestea au gravitat — în pofida tuturor dovezilor disponibile — către una dintre aceste două extreme. În trecut, această tendință spre dihotomie a fost

adesea descrisă ca fiind ciocnirea dintre catastrofiști și cornucopieni, însă aceste etichetări par a fi prea blânde ca să reflecte recenta polarizare extremă a sentimentelor.[4] Iar această polarizare a fost însoțită de o mai mare aplecare spre previziunile cantitative perimate.

Le vedem pretutindeni, de la automobile (vânzările mondiale ale vehiculelor electrice pentru pasageri vor atinge 56 de milioane până în 2040) și carbon (UE va avea emisii nete zero de dioxid de carbon până în 2050) la zborurile la nivel planetar (până în 2037 vor fi 8,2 miliarde de călători).[5] Sau cel puțin așa ni se spune. În realitate, cele mai multe dintre aceste previziuni nu sunt mai bune decât niște simple presupuneri. Orice valoare numerică pentru 2050 obținută de un model de computer pe baza unor supoziții îndoielnice — sau, și mai rău, a unei decizii convenabile politic — are o viață de raft foarte scurtă. Sfatul meu: dacă doriți o înțelegere mai bună a felului în care ar putea arăta viitorul, evitați cu totul aceste profeții învechite de tip new-age sau folosiți-le în principal ca dovezi ale așteptărilor și prejudecăților predominante.

De generații, firmele și guvernele au fost cei mai comuni practicieni și clienți ai previziunilor, apoi, în anii 1950, oamenii de știință s-au alăturat jocului în număr mare, iar acum oricine poate fi un prezicător — chiar și fără nicio competență matematică — prin simpla utilizare a unor programe de calculator sau (așa cum a fost în vogă în ultimul timp) făcând prevestiri calitative fără nicio bază. Ca în atâtea alte cazuri de întreprinderi nou extinse (fluxurile de informații, educația maselor), cantitatea prognozelor moderne a devenit invers proporțională cu calitatea lor. Multe prognoze nu sunt altceva decât cele mai simple extrapolări ale unor traiectorii din trecut; altele sunt rezultatul unor modele interactive complicate, care încorporează un număr mare de variabile și funcționează folosind supoziții diferite de fiecare dată (în esență, echivalentul numeric al scenariilor narative); în sfârșit, altele abia dacă au vreo componentă cantitativă și sunt doar scenarii iluzorii, caracterizate de o corectitudine politică excesivă.

Prognozele cantitative se divid în trei categorii largi. Cea mai mică include prognozele care se ocupă de procesele a căror funcționare este bine cunoscută și a căror dinamică este inerent restricționată de un set relativ limitat de rezultate. A doua categorie, mult mai cuprinzătoare, include prognozele care arată direcția corectă, dar cu incertitudini substanțiale legate de rezultatul specific. Iar a treia categorie (am descris deja câteva dintre specimenele ei recente legate de energie și de mediu în capitolul precedent) este cea a fabulelor cantitative: astfel de exerciții de prognoză pot fi doldora de valori numerice, dar acele cifre sunt

rezultatele unor supoziții stratificate (și adesea discutabile), iar procesele urmărite de aceste basme computerizate vor avea finaluri foarte diferite în lumea reală. Bineînțeles, creatorii lor pot apăra valoarea euristică a unor astfel de exerciții, în vreme ce utilizatorii neinițiați pot exploata o parte dintre concluzii pentru a-și întări prejudecățile sau pentru a desconsidera alternativele plauzibile.

Doar prognozele (proiecțiile, modelele computerizate) din prima categorie oferă indicii solide și o bună îndrumare, mai ales când privim în viitor doar pe o durată de circa un deceniu. Proiecțiile demografice în general, și prognozele privind fertilitatea în particular, sunt printre cele mai bune exemple din această categorie limitată. Să luăm o țară a cărei rată totală a fertilității — adică, numărul de copii pe care o femeie îi are, în medie, în timpul vieții — s-a situat sub nivelul de înlocuire (pentru înlocuirea părinților, în medie, sunt necesari 2,1 copii pe femeie) timp de o generație și, mai mult, a scăzut de la 1,8 la 1,5 în ultimul deceniu. Este improbabil ca asemenea rate de fertilitate foarte scăzute să poată fi inversate (nicio țară nu a reușit asta în ultimele trei decenii) pentru a aduce vreo creștere substanțială a populației în următorii 10 ani.[6] Cele mai probabile perspective sunt ca fertilitatea fie să-și revină puțin (de la 1,5 la 1,7), fie să scadă și mai mult (la 1,3). Deși este imposibil de stabilit exact valoarea chiar și numai pentru 10 ani, o prognoză poate oferi o gamă relativ limitată a rezultatelor foarte posibile. De exemplu, prognoza ONU din 2019 privind populația a estimat că totalul pentru Polonia (37,9 milioane în 2020) va scădea la 36,9 milioane, cu abateri în sus și în jos de doar ±2% față de medie și (exceptând situația unei imigrații în masă, care este improbabilă într-o țară atât de potrivnică imigrației) există o foarte mare probabilitate ca numărătoarea reală din 2030 să se situeze între acest interval îngust.[7]

În schimb, chiar și proiecțiile pe termen scurt care implică sisteme complexe — cele care reflectă interacțiunea dintre numeroși factori tehnici, economici și de mediu, și care pot fi afectate în mare măsură de un număr de decizii arbitrare, cum ar fi acordarea unor subvenții guvernamentale neașteptat de generoase sau legi noi ori schimbări politice bruște — rămân foarte incerte și până și perspectivele pentru viitorul apropiat au ca rezultat o gamă largă de rezultate posibile. Prognozele pentru adoptarea la scară mondială a automobilelor electrice sunt un excelent exemplu recent din această categorie.[8] Dificultățile tehnice care însoțesc introducerea electromobilității personale nu au fost insurmontabile, dar sectorul s-a maturizat mult mai lent decât începuseră să proclame cu ani în urmă susținătorii săi lipsiți de spirit critic, în timp ce motoarele cu combustie internă au continuat să-și îmbunătățească randamentul și

vor oferi în anii care urmează avantajele unor costuri inițiale mai mici, familiaritate îndelungată, de ordinul generațiilor și service omniprezent.[9]

Și, în vreme ce unele țări au promovat agresiv deținerea de mașini electrice oferind subvenții generoase sau stabilind în mod obligatoriu anumite cote parte pentru noile vehicule în viitor, altele au oferit doar un ajutor minor sau deloc. Ca urmare, prognozele anterioare pe termen scurt privind electrificarea la scară mondială a transportului rutier au supraestimat aproape uniform cota parte reală: între 2014 și 2016, ea fusese prevăzută la 8 — 11% până în 2020, în vreme ce cota parte reală a fost de numai 2,5%.[10] Iar în 2019, previziunile pentru mașinile electrice ca parte a tuturor vehiculelor de pe șosele până în anul 2030 se diferențiau cu un ordin de mărime, în vreme ce vânzările efective ale vehiculelor cu combustie internă s-ar putea să fie mai mari decât vânzările mașinilor electrice timp de peste un deceniu.[11]

A treia categorie de prognoze cantitative este una care merită o examinare mai atentă, pentru că în retrospectivă multe dintre ele nu numai că nu au reușit să capteze măcar un ordin de mărime adecvat, dar afirmațiile și concluziile lor s-au dovedit a fi în total dezacord cu ceea ce s-a întâmplat cu adevărat. În mod remarcabil, acest lucru nu este valabil doar pentru bine-cunoscutele profeții istorice, de la cele din Biblie până la cele ale lui Nostradamus.[12] Mulți dintre profeții moderni nu s-au descurcat cu mult mai bine și totuși, odată cu apariția computerelor omniprezente, rândurile lor s-au înmulțit și, cu cererea neostoită din partea media de noi știri negative, predicțiile și scenariile lor au beneficiat de o distribuire fără precedent și de o atenție tot mai generalizată.

Predicții eșuate

Dată fiind abundența de prognoze greșite, descrierea lor sistematică, fie după subiect, deceniu sau regiune, ar fi plictisitoare. Cititorii de o anumită vârstă își vor aminti că acum ar fi trebuit deja să ne bazăm în întregime (sau cel puțin în mare parte) pe electricitatea nucleară, că avionul Concorde urma să fie doar un preludiu la generalizarea zborurilor intercontinentale supersonice și că eroarea Y2K ar fi trebuit să oprească toate calculatoarele la 1 ianuarie 2000. Dar o combinație de referiri rapide la câteva cazuri bine-cunoscute și explicații scurte

ale unor eșecuri surprinzător de puțin apreciate ne oferă o revenire la realitate — și nu există niciun motiv să presupunem că astfel de rateuri vor deveni mai puțin comune. Trecerea de la prognozele relativ simple scrise cu creionul pe hârtie la scenariile computerizate complexe ne ușurează sarcina de a efectua calculele necesare și de a produce scenarii diferite, dar nu elimină pericolele care-i pândesc pe cei care fac presupuneri. Dimpotrivă — modelele mai complexe care combină interacțiunile factorilor economic, social, tehnic și de mediu necesită mai multe supoziții și deschid calea spre erori și mai mari.

Duelul intelectual dintre cornucopieni și catastrofiști constituie un punct de plecare evident dacă vrem să descriem unele dintre eșecurile previziunilor devenite de-acum clasice. Îngrijorările legate de creșterea impetuoasă a populației la niveluri care depășesc mijloacele disponibile de susținere formulate în anii 1960 pot fi puse pe seama ratelor record, și la acea dată încă în ascensiune, ale creșterii populației globale. Vreme de milenii, creșterea demografică la nivel mondial a reprezentat o mică fracție dintr-un procent; abia în anii 1770 s-a ridicat la 0,5%, a depășit 1% la mijlocul anilor 1920, dar spre sfârșitul anilor 1950 s-a apropiat de 2% și a continuat să se accelereze. În mod inevitabil, fenomenul a fost observat de mulți oameni, în publicațiile specializate și populare deopotrivă, astfel că în 1960 revista Science, principalul periodic științific din America, a cedat preocupărilor generate de creșterea nestăvilită a populației și a publicat un calcul absurd potrivit căruia o continuare a ratei istorice de creștere ar avea ca rezultat o creștere cu o viteză infinită a populației globale până pe 13 noiembrie 2026.[13]

Ca să ajungi la un astfel de rezultat — populația crescând cu o viteză infinită — e nevoie de o imaginație bogată, dar multe alte previziuni, nu la fel de extreme, dar tot catastrofiste, au contribuit la crearea și mobilizarea mișcării ecologiste moderne.[14] Dar nu era necesar să ne temem de o creștere nestăvilită a populației: catastrofiștii au ignorat adevărul simplu conform căruia nici o formă de creștere foarte rapidă nu poate continua la nesfârșit pe o planetă finită. În mod evident, Sfârșitul lumii în 2026 a fost un nonsens. Chiar înainte de finele anului 1960, creșterea populației planetei a atins valoarea maximă de 2,1% pe an, după care a urmat un declin rapid. Astfel, în anul 2000 rata de creștere a fost de 1,32%, pentru ca în 2019 să fie de numai 1,08%.[15]

Înjumătățirea ratei relative de creștere în 50 de ani și declinul ulterior al ratei absolute de creștere (de la maximumul de 93 de milioane pe an în 1987 a scăzut la circa 80 de milioane în 2020), au modificat atât de drastic perspectiva, încât la

un moment dat, la începutul anilor 2020, populația planetei va depăși un jalon demografic important când jumătate din această populație va trăi în țări a căror rată de fertilitate totală este sub nivelul de înlocuire.[16] Această nouă realitate atrage imediat după sine noi calcule catastrofiste. Dacă această tendință de scădere a fertilității se va menține, când va înceta să mai crească populația mondială? Și apoi, inevitabil, când va muri ultimul Homo sapiens? Iar un adept tânăr al catastrofismului ar putea specula din nou cu privire la câte milioane de oameni vor muri de foame (în anii 2080?) — nu din pricina creșterii impetuoase a populației, ci pentru că, pe măsură ce populația îmbătrânește și descrește pretutindeni, nu vor fi rămas suficienți oameni apți de muncă și capabili să hrănească omenirea.

Profețiile catastrofiste legate de penuria de resurse nu s-au limitat la hrană. Un alt subiect preferat al acestor viziuni sumbre a fost epuizarea resurselor minerale, iar viitorul țițeiului, cea mai importantă sursă de energie a civilizației secolului XX, a fost subiectul preferat al profețiilor distopice. Prognozele privind atingerea unui vârf al extracției de petrol datează încă din anii 1920, dar au atins noi culmi ale propagării temerilor existențiale în anii 1990 și în primul deceniu al secolului XXI.[17] Unii membri devotați ai sectei „vârfului producției de petrol“ credeau că scăderea extracției de țiței ar provoca nu doar prăbușirea economiilor moderne, ci va readuce omenirea la un stil de viață mult sub nivelurile preindustriale, chiar până la cel al culegătorilor și vânătorilor din Paleolitic — homininii care au trăit în estul Africii cu două milioane de ani în urmă.[18]

Și ce s-a întâmplat în realitate? Catastrofiștilor le-a fost întotdeauna greu să-și imagineze că ingeniozitatea umană poate satisface viitoarele necesități legate de hrană, energie și materiale — dar în decursul ultimelor trei generații am reușit acest lucru în pofida unei triplări a populației planetare începând din 1950.

În locul milioanelor de decese prevăzute, proporția de oameni subnutriți din țările cu venituri scăzute s-a diminuat constant, de la circa 40% în anii 1960 la numai aproximativ 11% în 2019, iar rezerva medie zilnică de hrană pe cap de locuitor în China, țara cu populația cea mai numeroasă de pe glob, este acum cu 15% mai mare decât în Japonia.[19] În locul unui deficit teribil al îngrășămintelor chimice, aplicarea îngrășămintelor pe bază de azot a crescut de 2,5 ori față de anul 1975, iar recolta mondială de cereale de bază este acum de circa 2,2 ori mai mare.[20] Cât despre țiței, cantitatea totală extrasă a crescut cu două treimi între 1995 și 2019, iar la finele acelui an, prețul de dinainte de COVID-19 (în valori ajustate după inflație) a fost mai mic decât în 2009.[21] Catastrofiștii se înșală, în

repetate rânduri.

Iar tehno-optimiștii, care promit nenumărate soluții cvasi-miraculoase, se confruntă cu un palmares la fel de nefavorabil. Unul dintre cele mai bine cunoscute (și jenant de bine documentate) eșecuri a fost convingerea în puterea atotcuprinzătoare a fisiunii nucleare. Mulți oameni apreciază că succesul parțial obținut de generarea nucleară a electricității (în 2019 a produs 10% din electricitatea planetei, cu cote-parte de 20% în SUA și, în mod excepțional, circa 72% în Franța) este doar o mică parte din ceea ce multă lume se aștepta înainte de 1980.[22] În acea perioadă, oamenii de știință prestigioși și companiile mari credeau nu numai că fisiunea nucleară va elimina toate celelalte forme de generare a electricității, ci și că reactoarele inițiale vor fi înlocuite în mare măsură de reactoarele regeneratoare cu neutroni rapizi, capabile să producă (temporar) mai multă energie decât consumau. Promisiunea nucleară a depășit cu mult domeniul generării electricității, iar unele idei uluitor de dubioase au fost testate sau chiar investigate, cu costuri mari.

Care decizie a fost mai irațională și mai sortită eșecului încă din fașă: încercarea de a construi niște avioane cu propulsie nucleară sau producția de gaz natural asistată de explozii nucleare? Să proiectezi un mic reactor nuclear care să poată propulsa submarine e una; să-l faci suficient de ușor ca să se poată ridica în aer s-a dovedit a fi o provocare insurmontabilă — însă una la care s-a renunțat abia în 1961, după ce s-au cheltuit miliarde de dolari cu această sarcină imposibilă.[23] Nici un avion propulsat prin fisiune nucleară nu a reușit să decoleze vreodată, în schimb, mai multe bombe nucleare au fost detonate în încercarea de a obține o producție cât mai mare de gaze naturale. O bombă de 29 de kilotone (mai mult decât dublul celei aruncate asupra Hiroshimei) a fost detonată în decembrie 1967 în New Mexico, la o adâncime de circa 1,2 kilometri (nume de cod Proiectul Gasbuggy); în septembrie 1969, a fost rândul unei bombe de 40 de kilotone în Colorado; în 1973, trei bombe de câte 33 de kilotone, tot în Colorado; iar Comisia pentru Energie Atomică din SUA anticipa pentru viitor detonări de 40 — 50 de bombe pe an.[24] Au fost de asemenea concepute planuri pentru activități de genul folosirii unor explozii nucleare pentru săparea de noi porturi și folosirea reactoarelor nucleare în propulsarea zborurilor spațiale.

După o jumătate de secol, puține s-au schimbat: profețiile înspăimântătoare și promisiunile nerealiste abundă. Ultima erupție de catastrofism intensificat s-a concentrat pe degradarea mediului înconjurător în general și pe îngrijorările legate de schimbările climatice în particular. Jurnaliștii și activiștii scriu acum

despre apocalipsa climatică, enunțând avertismente finale. În viitor, zonele cele mai potrivite pentru a fi locuite de oameni se vor restrânge, în curând, regiuni mari ale planetei vor deveni nelocuibile, migrația climatică va remodela America și lumea, venitul mediu global va cunoaște un declin substanțial, unele profeții afirmă că s-ar putea să mai avem la dispoziție doar circa un deceniu pentru a evita o catastrofă planetară, iar în ianuarie 2020 Greta Thunberg a mers până acolo încât a specificat că ar fi vorba de numai opt ani.[25]

După doar câteva luni, președintele Adunării Generale a ONU ne-a dat 11 ani pentru evitarea unui colaps social complet în urma căruia planeta simultan va arde (suferind incendii de nestăvilit, pe toată durata verii) și va fi inundată de apă (ca urmare a unei creșteri rapide a nivelului mării). Dar, nihil novi sub sole: în 1989, un alt înalt oficial de la ONU a spus că „guvernele mai au la dispoziție o fereastră de oportunitate de numai 10 ani pentru a rezolva efectul de seră înainte ca acesta să devină de necontrolat", ceea ce înseamnă că în acest moment noi trebuie să fi ajuns cu mult dincolo de limitele oricărui control și însăși existența noastră ar putea fi doar ceva care ține de imaginația borgesiană.[26] Eu sunt convins că ne-am putea lipsi foarte bine de avalanșa asta de previziuni niciodată mai puțin decât îngrijorătoare și prea adesea de-a dreptul înspăimântătoare. Cât de util poate fi să ți se spună în fiecare zi că lumea se va sfârși în 2050 sau chiar în 2030?

Astfel de profeții previzibil de repetitive (oricât de bine intenționate și oricât de pasional prezentate) nu oferă niciun sfat practic cu privire la aplicarea celor mai bune soluții tehnice, la cele mai eficiente căi de a consacra juridic cooperarea la nivel planetar sau la rezolvarea dificilei sarcini de a convinge populațiile de nevoia unor cheltuieli semnificative ale căror beneficii nu vor putea fi observate în deceniile care urmează. Și, desigur, mai sunt și inutile, conform celor care susțin că „un viitor sustenabil e la îndemâna noastră", că adepții catastrofismului au un lung istoric de alarmări false, care își intitulează scrierile Apocalipsul: nu!******** și Apocalipsul, niciodată și care, în contrast flagrant cu temerea că momentul în care cortina finală va cădea peste civilizație, ajung chiar (așa cum am menționat deja) să spună că văd o nu prea îndepărtată Singularitate.[27]

De ce ar trebui să ne temem de vreun pericol — fie el social, economic sau legat de mediu — când până în 2045, ori poate chiar până în 2030, inteligența noastră (sau mai degrabă inteligența dezlănțuită de mașinile pe care le vom fi creat) nu va cunoaște niciun fel de limite și, prin urmare, orice problemă va deveni cu totul neînsemnată? În comparație cu această promisiune, oricare dintre recentele

afirmații specifice și necumpătate — de la salvarea prin nanotehnologie la crearea unor noi forme sintetice de viață — pare să fie banală. Ce se va întâmpla? O pierzanie aproape infernală sau omnipotență divină capabilă să atingă viteza luminii?

Pornind de la amăgirile revelate ale profețiilor din trecut, nici una, nici alta. Nu avem civilizația imaginată la începutul anilor 1970 — una în care foametea la nivel planetar e din ce în ce mai grea sau una în care fisiunea nucleară asigură energie gratuită pentru toată lumea — iar peste încă o generație de acum încolo nu vom ajunge nici la finalul călătoriei noastre evoluționiste, nici nu vom avea o civilizație transformată de Singularitate. Vom fi încă aici în deceniul al patrulea al acestui secol, chiar dacă fără beneficiile inimaginabile ale inteligenței capabile să atingă viteza luminii. Și vom încerca în continuare să facem imposibilul, să emitem prognoze pe termen lung. Ceea ce cu siguranță va naște noi situații jenante și alte previziuni ridicole, alături de alte surprize cauzate de evenimente neanticipate. Extremele sunt destul de ușor de preconizat; în schimb, anticiparea realităților care vor rezulta în urma combinațiilor dintre dezvoltările inerțiale și discontinuitățile impredictibile rămâne o căutare problematică. Iar această situație nu se va schimba oricâte modelări se vor face, în vreme ce prognozele noastre pe termen lung vor continua să fie eronate.[28]

Aceasta nu este o contradicție și nici o prognoză menită să desconsidere viitoarele prognoze, ci doar o concluzie extrem de probabilă, dacă nu chiar inevitabilă, bazată pe interacțiunea imprevizibilă dintre inerția inerentă a sistemelor complexe, cu constantele și imperativele pe termen lung încorporate, pe de o parte, și discontinuitățile subite și surprizele — fie de natură tehnică (creșterea electronicii de uz casnic; posibile inovații în stocarea electricității), fie sociale (prăbușirea Uniunii Sovietice; o nouă pandemie, mult mai virulentă) — pe de altă parte. Ceea ce face ca toate prognozele să fie și mai dificil de emis este faptul că acum transformările cheie trebuie să se desfășoare la scări enorme.

Inerție, scară și masă

Noi abateri, noi soluții și noi realizări vor fi întotdeauna alături de noi. Suntem o specie foarte iscoditoare, cu un istoric remarcabil de lung al adaptării și cu

înfăptuiri recente și mai remarcabile menite să facă viața celei mai mari părți a populației planetei mai sănătoasă, mai bogată, mai sigură și mai îndelungată. Cu toate acestea, persistă și limitările fundamentale: pe unele dintre ele le-am schimbat datorită ingeniozității noastre, dar astfel de ajustări au propriile lor limite. De exemplu, nu putem elimina nevoia de pământ, apă și nutrienți în producția de hrană. Așa cum am văzut, creșterea productivității agricole a scăzut necesarul de teren agricol și sunt posibile și alte reduceri dacă vom reuși să atenuăm și mai mult diferențele dintre recoltele potențiale și recoltele obținute în mod real.

Aceste decalaje rămân substanțiale. Chiar și în țările care folosesc metode de agricultură intensivă (cantități mari de îngrășăminte, irigații), culturile ar putea crește cu 20 — 25% peste media obținută recent la porumbul din SUA și cu 30 — 40% pentru orezul din China — și, ca urmare a productivității medii încă foarte scăzute, ar putea crește de două până la patru ori în Africa sub-sahariană.[29] În cazul agriculturilor de mare productivitate și deja optimizate, reducerea terenurilor cultivate poate fi obținută prin suplimentarea relativă mică a irigațiilor și cantităților de îngrășăminte. În schimb, pentru Africa vor fi necesare creșteri substanțiale ale cantităților medii de macronutrienți și extinderea irigațiilor. Ca în multe alte situații, câștigurile relative în performanțele viitoare (în cadrul limitelor biologice) nu trebuie confundate cu o decuplare absolută a variabilelor de output și de input, atât timp cât populația planetei continuă să crească și are nevoie de o nutriție mai bună.

În această privință, relatările din media despre agricultura urbană „fără pământ“ — cultivarea hidroponică pe terasele clădirilor înalte — sunt totalmente lipsite de vreo înțelegere reală a necesarului de hrană la nivel global. Astfel de operații cu inputuri ridicate pot produce verdețuri frunzoase (salate, busuioc) și unele legume (roșii, ardei) a căror valoare nutritivă constă aproape numai în conținutul de vitamina C și fibre.[30] Cu siguranță, cultivarea hidroponică sub iluminare permanentă nu poate fi folosită pentru a produce mai mult de 3 miliarde de tone de cereale și leguminoase, al căror conținut ridicat de carbohidrați și relativ mare de proteine și lipide e necesar pentru a hrăni aproape 8 (care în curând ar putea deveni 10) miliarde de locuitori ai planetei.[31]

Inerția sistemelor mari și complexe e pricinuită de nevoile lor energetice și materiale de bază — precum și de scara la care acestea operează. Necesitățile de energie și de materiale sunt permanent afectate de încercarea de a obține randamente mai mari și procese de producție optimizate, dar creșterea

randamentelor și dematerializarea relativă își au limitele lor fizice, iar avantajele aduse de noile alternative vor avea costuri de contrabalansare. Exemple ale unor asemenea realități abundă. Apelând, din nou, la două inputuri fundamentale, necesarul minim teoretic de energie primară pentru producerea oțelului (combinând producția în furnale și cea în cuptoare cu oxigen de bază) este de circa 18 gigajouli pe tonă de metal incandescent, iar amoniacul nu poate fi sintetizat din elementele componente cu mai puțin de circa 21 gigajouli pe tonă.[32]

O soluție posibilă ar fi înlocuirea oțelului cu aluminiul. Aceasta scade masa unui anumit proiect, dar producerea aluminiului primar necesită de cinci-șase ori mai multă energie decât cea a oțelului primar și acest metal nu poate fi folosit în multe aplicații care necesită rezistența mult mai mare a oțelului. Calea cea mai radicală de reducere a costurilor energetice și a impactului pe care îngrășămintele azotoase îl au asupra mediului este să se micșoreze cantitatea folosită. Această soluție poate fi aplicată de țările bogate, cu rezervele lor excesive de hrană și cu cantitățile uriașe de alimente irosite, dar sute de milioane de copii subnutriți, mai ales din Africa, au nevoie să bea mai mult lapte și să mănânce mai multă carne, iar aceste proteine pot fi obținute doar printr-o creștere substanțială a cantității de azot folosite în agricultură. Ca să înțelegem mai bine această concluzie, media anuală de utilizare a îngrășămintelor azotoase este de circa 160 kilograme pe hectar de teren arabil în UE și de sub 20 de kilograme în Etiopia, o diferență de un ordin de mărime care ilustrează imensul decalaj în dezvoltare, care este atât de des ignorat în evaluările privind nevoile globale.[33]

Iar într-o civilizație în care producția de mărfuri esențiale deservește în prezent aproape opt miliarde de oameni, orice abatere de la practicile statornicite se lovește de asemenea în mod repetat de limitările impuse de scară: așa cum am văzut deja (în capitolul 3), necesitățile materiale fundamentale se măsoară în prezent în miliarde și sute de milioane de tone pe an. Acest lucru face imposibil fie să se înlocuiască astfel de mase cu mărfuri cu totul diferite — ce ar putea să ia locul a peste 4 miliarde de tone de ciment sau a peste 2 miliarde de tone de oțel? —, fie să se realizeze rapid (în ani, nu în decenii) tranziția la modalități complet noi de producere a acestor materii prime esențiale.

Această inerție inevitabilă a dependențelor la scară largă poate fi depășită în cele din urmă (să ne amintim că, înainte de 1920, trebuia să dedicăm un sfert din suprafața terenurilor agricole americane pentru obținerea de furaje necesare

cailor și catârilor), dar multe exemple din trecut ale unor transformări rapide nu constituie ghiduri utile pentru a putea deduce din ele intervale de timp plauzibile pentru orice realizări viitoare. Tranzițiile din trecut se poate să fi fost relativ rapide deoarece valorile numerice implicate au fost mici prin comparație. În 1900, utilizarea de energie primară la nivelul planetei era împărțită aproximativ între biomasa tradițională și combustibilii fosili dominați de cărbune, iar toți combustibilii fosili furnizau un echivalent de numai circa 1 miliard de tone de cărbune.[34] În anul 2020, livrările nete la nivel global de combustibili fosili erau cu un ordin de mărime mai ridicate decât toată energia primară folosită în 1900, și cu toate că mijloacele noastre tehnice sunt acum superioare în atât de multe privințe, ritmul noii tranziții (decarbonizarea) a fost mult mai lent decât ritmul înlocuirii biomasei tradiționale cu combustibilii fosili.

Cu toate că energia furnizată de noile regenerabile (eoliană, solară, biocombustibili noi) a crescut impresionant, cam de 50 de ori, în primii 20 de ani ai secolului XXI, dependența mondială de combustibili fosili a scăzut doar infim, de la 87 la 85% din rezerva totală, iar cea mai mare parte a acelui declin relativ mic s-a datorat extinderii producției de hidroelectricitate, o formă veche de energie regenerabilă.[35] Întrucât necesarul total de energie în 1920 era cu un ordin de mărime mai mic decât în 2020, a fost mult mai ușor să se înlocuiască lemnul cu cărbunele la începutul secolului XX, decât este înlocuirea combustibililor fosili cu noile regenerabile (cu alte cuvinte, procesul de decarbonizare) la începutul secolului XXI. Ca urmare, chiar dacă ritmul recent al decarbonizării s-ar tripla sau ar crește de patru ori, carbonul fosil tot ar rămâne dominant în 2050.

O eroare de categorisire — prin care se atribuie în mod greșit unui lucru o calitate sau acțiune atribuită în mod corect doar lucrurilor din altă categorie — se află în spatele concluziei des întâlnite, dar profund greșite, potrivit căreia în această lume nouă și validată electronic, totul se poate și se va mișca mult mai rapid.[36] Într-adevăr, așa se întâmplă cu informațiile și adoptarea noilor gadgeturi personale — dar imperativele existențiale nu aparțin categoriei microprocesoarelor și telefoanelor mobile. Asigurarea unor provizii suficiente de apă, creșterea și procesarea produselor agricole, hrănirea și tăierea în abatoare a animalelor, producerea și transformarea enormelor cantități de energie primară și extragerea și modificarea materiilor prime pentru a fi potrivite numeroaselor utilizări reprezintă întreprinderi a căror scară (necesară pentru a satisface nevoile a miliarde de consumatori) și infrastructură (care permite producerea și distribuirea acestor necesități de neînlocuit) aparține categoriilor care sunt destul

de distincte față de crearea unui nou profil de social media sau de cumpărarea unui telefon inteligent mai scump.

Mai mult, multe dintre tehnicile care facilitează aceste noi progrese nu sunt nici pe departe noi. Câți dintre cei fascinați de cât de subțiri sunt ultimele telefoane inteligente și de capacitatea lor de a procesa informațiile știu că multe dintre procesele fundamentale care fac posibilă deținerea în masă a acestor dispozitive au o vechime considerabilă? Siliciul de înaltă puritate este baza tuturor microprocesoarelor, inclusiv a celor care asigură funcționarea tuturor dispozitivelor electronice moderne — de la cele mai mari supercomputere la cele mai mici telefoane mobile —, Jan Czochralski fiind cel care a descoperit în 1915 cum se pot crește cristale singulare de siliciu. În siliciu se încorporează un număr mare de tranzistoare, iar Julius Edgar Lilienfeld a brevetat primul tranzistor cu efect de câmp în 1925. Și, așa cum am menționat deja, circuitele integrate au apărut în 1958 — 1959, iar microprocesoarele, în 1971.[37]

Cea mai mare parte a electricității care asigură funcționarea tuturor gadgeturilor electronice este generată de turbinele cu aburi, mașini inventate de Charles A. Parsons în 1884, sau de turbinele cu gaz, care au fost folosite pentru prima oară în 1938.[38] În vreme ce a fost posibil să se înlocuiască un miliard de telefoane fixe cu telefoane mobile în decursul unei generații, nu va fi posibilă înlocuirea terawaților de putere instalată în turbinele cu aburi sau cu gaz cu celule fotovoltaice sau turbine eoliene într-un interval de timp similar. Oricât de complexe ar fi, telefoanele mobile sunt doar niște dispozitive mici aflate în vârful piramidei uriașe a unei industrii care generează, transformă și transmite electricitate și care necesită ca o infrastructură la scară largă să fie construită, reconstruită și întreținută.

Aceste realități ne ajută să înțelegem de ce aspectele fundamentale ale vieții noastre nu se vor schimba drastic în următorii 20 — 30 de ani, în pofida unui torent aproape permanent de afirmații privind inovații superioare, de la celule solare la baterii litiu-ion, de la imprimantele 3-D capabile să realizeze orice (de la componente microscopice la locuințe întregi), la bacterii care pot sintetiza benzina. Oțelul, cimentul, amoniacul și materialele plastice vor rezista în calitatea lor de piloni materiali ai civilizației, o parte substanțială din transporturile mondiale va continua să utilizeze ca sursă de energie combustibili lichizi rafinați (benzină și motorină pentru transporturile auto, kerosen pentru aviație și motorină și păcură pentru transporturile maritime); terenurile agricole vor fi cultivate de tractoare care tractează pluguri, grape, semănători și

aplicatoare de îngrășăminte, iar recoltele vor fi strânse de combine care descarcă semințele în camioane. Blocurile înalte de apartamente nu vor fi imprimate la fața locului de mașinării uriașe și, dacă vom avea în curând o nouă pandemie, atunci rolul mult lăudatei inteligențe artificiale va fi, foarte probabil, la fel de insignifiant ca în timpul pandemiei de SARS-CoV-2 din 2020.[39]

Ignoranță, persistență și umilință

COVID-19 ne-a oferit un memento perfect — și costisitor — privind capacitatea noastră limitată de a ne planifica viitorul, iar acest lucru nu se va schimba (nu se va putea schimba) în mod dramatic în timpul generației viitoare. Ultima pandemie a venit după un deceniu care a fost inundat de elogierea adulatoare a unor progrese științifice și tehnice fără precedent și presupuse a fi cu adevărat „disruptive“. Dintre ele, pe un loc de frunte s-a situat anticiparea unor utilizări iminente ale puterilor miraculoase ale inteligenței artificiale și a rețelelor de învățare neurală (am putea s-o numim o formă „lite“ a Singularității), precum și editarea genomului care va face posibilă crearea după dorință a unor forme de viață prin inginerie genetică.[40]

Nimic nu sintetizează mai bine natura excesivă a acestor aserțiuni decât titlul unui bestseller din 2017, Homo Deus de Yuval Noah Harari.[41] Și, dacă mai era nevoie de alte dovezi, atunci COVID-19 a scos în evidență lipsa de conținut a oricăror idei privind presupusa noastră capacitate divină de a ne controla soarta: niciuna dintre acele mult trâmbițate capacități n-a fost de vreun folos în prevenirea creșterii sau în controlarea răspândirii acelor lanțuri virale de ARN. Cel mai bun lucru pe care l-am putut face a fost să ne comportăm asemenea rezidenților din orașele italiene ale Evului Mediu: să stăm departe de ceilalți, să rămânem în case timp de 40 de zile, izolați timp de quaranta giorni.[42] Vaccinurile au apărut relativ repede, dar ele nu îi vindecă pe cei afectați de boală și nici nu previn următoarea pandemie. Și astfel trebuie să ne rugăm că următorul eveniment (pentru că întotdeauna va fi unul următor!) va avea loc abia după decenii de epidemii virale sezoniere relativ liniștite și nu peste doar câțiva ani și într-o formă mult mai virulentă.

Impactul pe care l-a avut COVID-19 în țările bogate în general și în Statele

Unite în particular mai ilustrează și cât de deplasate au fost unele dintre mult lăudatele (și foarte costisitoarele) noastre activități cu virtuți de formare a viitorului. În prim-planul acestora s-au aflat reluarea pașilor de efectuare a zborurilor spațiale cu echipaj uman și îndeosebi obiectivul SF al unor misiuni spre Marte; încercarea de trecere la medicina personalizată (diagnosticare și tratament adaptate la pacienți individuali pe baza riscurilor sau răspunsurilor lor specifice la o boală), în legătură cu care The Economist a publicat un raport special pe 12 martie 2020, tocmai când COVID-19 a început să facă ravagii în Europa și America de Nord, umplând spitalele orășenești cu bolnavi privați de oxigen; și preocuparea pentru o conectivitate tot mai rapidă, cu nesfârșitele reclame pe tema beneficiilor aduse de rețelele 5G.[43] Cât de irelevante sunt toate aceste căutări câtă vreme (ca să folosim un clișeu) singura superputere rămasă n-a putut să le ofere doctorilor și asistentelor sale suficient echipament de protecție, inclusiv obiecte de o tehnicitate scăzută, cum ar fi mănuși, măști, bonete și halate?

Drept urmare, SUA a fost nevoită să plătească prețuri exorbitante Chinei — țara în care arhitecții geniali ai globalizării au concentrat aproape în întregime manufacturarea acestor articole esențiale — pentru a-și asigura aducerea pe calea aerului a unor cantități inadecvate de echipamente de protecție numai ca să poată preveni închiderea spitalelor în toiul pandemiei.[44] Țara care cheltuiește în fiecare an peste o jumătate de bilion de dolari în scopuri militare (mai mult decât toți adversarii potențiali laolaltă) a fost nepregătită pentru un eveniment care era absolut sigur că se va produce și nu a avut suficiente provizii medicale de bază: investiții de câteva sute de milioane de dolari pentru producerea lor pe plan intern ar fi redus semnificativ pierderile economice generate de COVID-19, măsurate în sume de ordinul bilioanelor![45]

Nici în Europa lucrurile n-au stat altfel. Statele membre s-au angajat într-o competiție pentru aducerea cu avioanele a materialelor de protecție din China; mult clamata absență a granițelor s-a transformat repede în aranjamente de tip fortăreață; tot mai strânsa uniune n-a reușit să coordoneze un răspuns unitar la scara întregii uniuni; iar în primele șase luni ale pandemiei, patru dintre țările cu populația cea mai numeroasă de pe continent (Marea Britanie, Franța, Italia și Spania) și două dintre țările cele mai bogate (Elveția și Luxemburg) — ale căror sisteme de sănătate au fost lăudate vreme de decenii ca întruchipări ale excelenței — au înregistrat unele dintre cele mai ridicate mortalități pandemice.[46] Crizele expun realitatea și dau la o parte starea de confuzie și elementele de distragere a atenției. Răspunsul lumii bogate la COVID-19 merită un singur

comentariu ironic: Homo deus într-adevăr!

În același timp, reacția lumii bogate la COVID-19 ilustrează atitudinea noastră nerealistă perenă față de realitățile fundamentale cauzată de faptul că uităm chiar și experiențele traumatice. Când a izbucnit pandemia de COVID-19, nu m-am așteptat ca această provocare să fie plasată în cadrul unor perspective istorice corespunzătoare (la ce altceva ne mai putem aștepta într-o societate dominată de mesajele de pe Twitter?), și nu am fost surprins de referințele la gripa spaniolă din anii 1918 — 1919, care a pricinuit numărul cel mai mare, deși extrem de incert la nivel global, de decese pandemice din istoria modernă.[47] Dar, așa cum am observat deja în capitolul despre riscuri, de atunci am trecut prin alte trei episoade notabile (și mult mai bine înțelese), care însă nu au lăsat vreo amprentă adâncă în memoria noastră colectivă.

Am sugerat deja unele explicații, dar altele sunt plauzibile. A fost oare bilanțul de peste un milion de morți din anii 1957 — 1958 (în majoritatea țărilor având loc treptat, pe durata a 6 — 9 luni) văzut prin prisma pierderilor mult mai mari din cel de-al Doilea Război Mondial, care erau încă vii în memoria tuturor adulților? Sau percepția noastră colectivă s-a schimbat într-o asemenea măsură, încât nu mai putem accepta faptul că o mortalitate temporară excesivă ne va depăși mereu capacitatea de control? Sau este vorba pur și simplu de faptul că uitarea este un complement esențial al aducerii aminte, fie la nivel personal, fie la nivel colectiv, și că nici acest lucru nu se va schimba când vom fi iar și iar surprinși de ceea ce ar fi fost de așteptat?

Persistența este la fel de importantă ca uitarea. În pofida promisiunilor referitoare la noi începuturi și plecări cutezătoare, în scurt timp vechile tipare comportamentale și vechile abordări ies din nou la suprafață și pregătesc terenul pentru încă o rundă de eșecuri. Îi rog pe toți cititorii care se îndoiesc de acest lucru să vadă care au fost sentimentele din timpul și imediat după marea criză financiară din anii 2007 — 2008 și să le compare cu experiența post-criză. Cine au fost cei găsiți responsabili pentru această cvasi-prăbușire sistemică a ordinii financiare? Ce schimbări fundamentale de abordare (în afară de uriașele injecții de bani noi) s-au realizat pentru reformarea unor practici dubioase sau pentru reducerea inegalităților economice?[48]

Revenind la exemplul COVID-19, acest tipar al persistenței înseamnă că nimeni nu va fi găsit vreodată responsabil pentru vreuna dintre numeroasele erori strategice care au garantat gestionarea defectuoasă a pandemiei chiar înainte ca

aceasta să înceapă. Fără îndoială, unele audieri sporadice și câteva rapoarte ale unor grupuri de reflecție vor produce o listă de recomandări, dar acestea vor fi imediat ignorate și nu vor influența în niciun fel obișnuințele adânc înrădăcinate. A luat omenirea vreo măsură hotărâtă după pandemiile din 1918 — 1919, 1958 — 1959, 1968 — 1969 și 2009? Guvernele nu vor asigura provizii adecvate din produsele necesare, iar răspunsul lor va fi la fel de inconsecvent — dacă nu chiar la fel de incoerent — ca de fiecare dată. Profiturile oferite de manufacturarea la scară largă și dintr-o sursă unică nu vor fi schimbate pentru producția descentralizată mai puțin vulnerabilă, dar mai scumpă. Iar oamenii își vor relua obișnuințele de socializare globală permanentă, odată cu revenirea la zborurile intercontinentale și croazierele spre nicăieri, deși e greu să-ți imaginezi un incubator de virusuri mai bun decât un pachebot cu echipaj de 3 000 de oameni și 5 000 de pasageri, dintre care adesea mulți sunt persoane vârstnice suferind deja de multe boli preexistente.[49]

Aceasta înseamnă de asemenea că va trebui, din nou, să reînvățăm cum să ne reconciliem cu realitățile care ne depășesc puterea de control. COVID-19 constituie un memento util. Pandemia a cauzat cea mai ridicată mortalitate excesivă printre persoanele cele mai vârstnice și, așa cum am menționat deja, acest rezultat este în mod evident legat chiar de eforturile noastre încununate de succes de creștere a speranței de viață.[50] Fiind născut în 1943, m-am numărat printre zecile de milioane de beneficiari ai acestei tendințe — dar nu le putem avea pe toate deodată: speranța de viață mai lungă va fi însoțită de o vulnerabilitate mai mare. Deloc surprinzător, comorbiditățile specifice vârstei înaintate — de la hipertensiunea și diabetul destul de larg răspândite până la forme mai puțin comune de cancer sau de imunitate compromisă — au fost cei mai buni factori de predicție pentru mortalitatea virală în exces.[51]

Totuși, asta nu ne va împiedica (la fel cum nu s-a întâmplat în 1968 sau 2009) să facem și mai mulți pași spre prelungirea speranței de viață, pentru ca apoi să ne temem de consecințele probabile ale acestei căutări (văzute, într-o măsură mai mică, dar totuși substanțială, chiar și în timpul epidemiilor de gripă sezonieră). Atât doar că data viitoare riscul va fi semnificativ mai mare deoarece combinația dintre îmbătrânirea naturală și prelungirea vieții va crește cu mult proporția celor care au peste 65 de ani. ONU preconizează că până în 1950 această proporție va crește cu circa 70%, iar în țările bogate o persoană din patru va avea peste 65 de ani.[52] Cum ne vom descurca în 2050 cu o pandemie care s-ar putea să fie mai infecțioasă decât COVID-19, când în unele țări o treime din populație face parte din categoria cea mai vulnerabilă?

Aceste realități demonstrează lipsa de temeinicie a oricăror idei de progres și de îmbunătățire permanentă promovate de mulți tehno-optimiști ca fiind generale, automate și inevitabile. Nici evoluția, nici istoria speciei noastre nu urmează o cale mereu ascendentă. Nu există traiectorii previzibile, nici ținte definitive. Toate cunoștințele care se acumulează constant și capacitatea noastră de a controla un număr tot mai mare de variabile care ne afectează viața (pornind de la producția de alimente care sunt suficiente pentru a hrăni întreaga populație a lumii și până la inoculările foarte eficiente care previn răspândirea unor boli infecțioase altădată periculoase) a scăzut riscul general al traiului, dar nu au făcut ca multe dintre pericolele existențiale să fie nici mai previzibile, nici mai gestionabile.

În unele situații critice, succesul și capacitatea noastră de a evita consecințele cele mai grave s-au datorat faptului că am fost vizionari, vigilenți și hotărâți să găsim rezolvări eficiente. Printre exemplele notabile putem aminti eliminarea poliomielitei (prin crearea unor vaccinuri eficace), scăderea riscurilor zborurilor comerciale (prin construirea unor avioane mai fiabile și introducerea unor măsuri mai bune de control al zborurilor), reducerea patogenilor alimentari (printr-o combinație între mai buna procesare a alimentelor, refrigerare și igiena personală) sau faptul că am făcut din leucemia infantilă o boală cu o rată ridicată de supraviețuire (prin chimioterapie și transplanturi de celule stem).[53] În alte cazuri, am fost fără îndoială norocoși: vreme de decenii am evitat confruntarea nucleară cauzată de o eroare sau un accident (am avut parte de ambele în mai multe ocazii începând din anii 1950), nu doar ca urmare a unor măsuri de siguranță încorporate, ci și ca urmare a unor judecăți care ar fi putut lua direcții diferite.[54] Trebuie spus încă o dată că nu există indicii clare potrivit cărora capacitatea noastră de a preveni eșecurile a crescut în mod uniform.

Fukushima și Boeing 737 MAX sunt, din păcate, două exemple perfecte ale acestor eșecuri — ambele având consecințe durabile și la scară mare. Care a fost motivul pentru care compania Tokyo Power a pierdut trei reactoare la centrala sa Fukushima Daiichi pe 11 martie 2011, când au fost lovite de un cutremur și un tsunami? În definitiv, la doar 15 kilometri mai la sud de centrală, pe același țărm al Pacificului lovit de același tsunami, centrala geamănă, Fukushima Daini, nu a fost afectată deloc. Repercusiunile dezastrului de la Fukushima Daiichi au mers de la pierderea de către Japonia a 30% din capacitatea de generare a electricității până la decizia luată de Germania în 2021 de a-și închide toate reactoarele — și, mai presus de toate, la o adâncire și mai mare a neîncrederii opiniei publice față de fisiunea nucleară ca sursă de energie.[55]

Și de ce Boeing — compania care a riscat totul pe dezvoltarea modelului 747 în 1966 și care a continuat să prezinte noi familii reușite de avioane de pasageri (ajunse acum la modelele 787) — a insistat să mărească și mai mult modelul 737 (introdus în 1964), o încercare dubioasă, care a dus la două accidente catastrofale?[56] De ce aparatul nu a primit interdicție de zbor, fie de la Boeing, fie de la Administrația Federală de Aviație, imediat după primul accident fatal? Și în acest caz, consecințele acestor eșecuri au fost profunde: mai întâi, imobilizarea temporară la sol a întregii flote de 737 MAX începând din martie 2019, apoi încetarea producerii avionului și anularea noilor comenzi. Pe termen lung, aceasta va afecta capacitatea companiei Boeing de a introduce un proiect foarte necesar care să înlocuiască modelul îmbătrânit 757 (toate aceste consecințe fiind amplificate de prăbușirea zborurilor internaționale cauzată de COVID).

Ținând cont de numărul de noi proiecte, structuri, procese complexe și operațiuni interactive, eșecurile ilustrate de Fukushima și de Boeing 737 MAX nu pot fi prevenite, iar în următoarele decenii vom vedea alte (și imprevizibile) manifestări ale acestei realități. Viitorul este o reluare a trecutului — combinație de progrese admirabile și de piedici (in)evitabile. Dar când privim înainte, există ceva nou, acea convingere tot mai mare (deși nu unanimă) că, dintre toate riscurile cu care ne confruntăm, schimbările climatice la nivel planetar sunt cele care trebuie abordate cu maximă urgență și eficiență. Și există două motive fundamentale pentru care această combinație de viteză și eficacitate va fi mult mai greu de realizat decât se presupune în general.

Angajamente fără precedent, recompense întârziate

Ca să putem face față acestei provocări, va fi nevoie, pentru prima oară în istorie, de un angajament cu adevărat global, care să fie totodată foarte substanțial și prelungit. Să conchidem că vom fi în stare să realizăm decarbonizarea în viitorul apropiat, în mod eficient și la scara necesară, ar contrazice toate dovezile din trecut. Prima conferință ONU dedicată schimbărilor climatice a avut loc în 1992, iar în deceniile care au trecut de atunci au avut loc câteva întruniri la nivel mondial și s-au realizat nenumărate evaluări și studii — dar iată că, după aproape trei decenii, încă nu s-a ajuns la un acord internațional

cu efecte juridice, care să modereze emisiile anuale de gaze cu efect de seră și nicio perspectivă privind adoptarea neîntârziată a unui astfel de acord.

Pentru a putea produce rezultatele scontate, un astfel de acord trebuie să aibă o amploare planetară. Asta nu înseamnă că 200 de țări trebuie să-și pună semnătura pe linia punctată: emisiile combinate ale circa 50 de țări mici abia dacă se ridică la nivelul marjei de eroare în cuantificarea emisiilor pentru doar primele cinci producătoare de gaze cu efect de seră. Nu se poate obține niciun progres real până când măcar aceste cinci prime țări, care acum sunt responsabile pentru 80% din toate emisiile, nu acceptă să se angajeze în mod clar și obligatoriu. Dar suntem departe de inițierea unei astfel de acțiuni concertate la nivel mondial.[57] Să ne amintim că mult lăudatul acord de la Paris nu conținea niciun fel de ținte specifice pentru reducerea emisiilor de către cei mai mari emițători ai lumii și că angajamentele sale neobligatorii nu vor diminua nimic, dimpotrivă, vor avea drept consecință o creștere cu 50% a emisiilor până în 2050!

Mai mult decât atât, orice angajamente care să aibă efectul scontat vor fi costisitoare, vor trebui să dureze cel puțin două generații pentru a se putea obține rezultatul dorit (de reducere considerabilă, dacă nu de eliminare totală, a emisiilor de gaze cu efect de seră) și chiar niște reduceri drastice care ar depăși cu mult orice se poate imagina în mod realist nu vor prezenta vreun beneficiu convingător timp de decenii.[58] Aceasta duce la problema extrem de dificilă a dreptății intergeneraționale — altfel spus, tendința noastră neclintită de a diminua valoarea viitorului.[59]

Conferim mai multă valoare prezentului decât viitorului și îl prețuim în conformitate cu asta. Un alpinist pasionat în vârstă de 30 de ani este dispus să plătească aproximativ 60 000 de dolari pentru permise de trecere, echipament, șerpași, oxigen și alte cheltuieli ca să facă o ascensiune pe Everest anul viitor. Dar va cere o reducere substanțială — care să reflecte unele incertitudini evidente ce pot apărea între timp, cum ar fi starea sa de sănătate, stabilitatea viitoarelor guverne nepaleze, probabilitatea unor cutremure majore în Himalaya care să împiedice orice expediție și probabilitatea de interzicere a accesului — pentru a cumpăra o promisiune de a urca muntele în 2050. Această înclinație universală de a conferi o valoare mai mică viitorului contează foarte mult când contemplăm acțiuni atât de complexe și costisitoare cum ar fi stabilirea prețului carbonului pentru a diminua schimbările climatice planetare, deoarece generația care va lansa această întreprindere scumpă nu va putea întrezări niciun fel de

beneficiu economic. Întrucât gazele cu efect de seră rămân în atmosferă mult timp după ce au fost emise (în cazul CO2, până la 200 de ani), chiar și niște eforturi de diminuare foarte mari nu vor da vreun semn clar de succes — prima scădere semnificativă a temperaturii medii de la suprafața planetei — timp de câteva decenii.[60]

Este evident că o creștere a temperaturii care va continua timp de 25 — 35 de ani de la lansarea unui efort masiv de decarbonizare globală va prezenta o provocare majoră pentru punerea în aplicare și continuarea unor astfel de măsuri drastice. Dar pentru că în acest moment nu există niciun angajament obligatoriu la nivel planetar care să întrevadă vreo adoptare pe scară largă a unor astfel de măsuri în decurs de câțiva ani, atât punctul critic de rentabilitate, cât și inițierea unei scăderi măsurabile a temperaturii avansează și mai mult în viitor. Un model al relației dintre climă și economie folosit pe scară largă arată că anul critic de rentabilitate (când politica optimală va începe să producă beneficii economice nete) pentru eforturile de diminuare lansate la începutul anilor 2020 va fi abia în jurul anului 2080.

Dacă media speranței de viață la nivel mondial (de circa 72 de ani în 2020) va rămâne aceeași, atunci generația născută aproape de mijlocul secolului XXI va fi prima care va resimți beneficiul economic cumulativ net al politicii de diminuare a schimbărilor climatice.[61] Sunt cetățenii tineri ai țărilor bogate gata să pună aceste beneficii îndepărtate înaintea unor avantaje mai imediate? Sunt dispuși să susțină acest curs timp de peste o jumătate de secol tocmai când țările cu venituri mici și populații în creștere continuă, ca o chestiune de supraviețuire elementară, să-și extindă bazarea pe combustibilii fosili? Și sunt oamenii care acum au 40 sau 50 și ceva de ani pregătiți să li se alăture în scopul de a genera recompense pe care nu le vor vedea niciodată?

Ultima pandemie a însemnat încă un prilej de a ne aminti că una dintre cele mai bune căi de minimizare a impactului unor provocări de nivel mondial este să avem stabilit un set de priorități și măsuri de bază privind modul de gestionare a acestora — dar pandemia, cu măsurile incoerente și neuniforme luate pe plan inter- și intranațional, ne-a mai arătat și cât de dificil ar fi să codificăm astfel de principii și să respectăm astfel de îndrumări. Eșecurile ieșite la iveală în timpul crizelor oferă ilustrări costisitoare și convingătoare ale incapacității noastre recurente de a înțelege corect aspectele de bază și de a ne îngriji de lucrurile fundamentale. De acum, cititorii acestei cărți vor aprecia că această listă (scurtă) trebuie să includă asigurarea de provizii pentru alimentele de bază, energie și

materiale, toate fiind obținute cu cele mai mici efecte posibile asupra mediului înconjurător și totul fiind făcut cu o evaluare realistă a măsurilor pe care le putem lua pentru a minimiza amploarea viitoarei încălziri globale. Aceasta este o perspectivă descurajantă și nimeni nu poate fi sigur că vom reuși — sau că vom da greș.

Să fii agnostic în legătură cu viitorul îndepărtat înseamnă să fii onest. Trebuie să recunoaștem limitele înțelegerii noastre, să abordăm toate provocările planetare cu modestie și să ne dăm seama că progresele, piedicile și eșecurile vor continua să facă parte din evoluția omenirii și că nu poate exista niciun fel de asigurare privind succesul final (oricum ar fi el definit), că nu se va ajunge la nicio singularitate — dar, atât timp cât ne vom folosi cunoașterea acumulată cu hotărâre și perseverență, nu va exista nici un sfârșit prematur al lumii. Viitorul va lua naștere din înfăptuirile și eșecurile noastre și, chiar dacă vom fi îndeajuns de deștepți (și de norocoși) ca să-i prevedem unele dintre forme și caracteristici, întregul rămâne eluziv chiar dacă privim doar cu o generație înainte.

Prima schiță a acestui capitol final a fost scrisă pe 8 martie 2020, la a 75-a aniversare a încheierii celui de-al Doilea Război Mondial în Europa. Să ne imaginăm un scenariu în care în acea zi de primăvară de la jumătatea secolului XX un grup restrâns de oameni care întruchipau întreaga cunoaștere existentă la acea vreme s-ar fi așezat la o masă ca să discute și să prezică starea lumii în 2020. Fiind la curent cu ultimele descoperiri din domenii diferite, de la inginerie (turbinele cu gaz, reactoarele nucleare, computerele electronice, rachetele), la științele vieții (antibiotice, pesticide, erbicide, vaccinuri), ei ar putea să prevadă corect multe traiectorii ascendente, de la răspândirea în masă a automobilelor și a zborurilor intercontinentale la prețuri convenabile, la dezvoltarea informaticii electronice și de la creșterea productivității agricole la creșterile semnificative ale speranței de viață.

Dar nu ar fi capabili să descrie progresele, complexitatea și nuanțele lumii pe care am creat-o prin realizările și eșecurile noastre în cei 75 de ani care s-au scurs între timp. Pentru a sublinia această imposibilitate, trebuie doar să gândim în termeni naționali. În 1945, orașele din lemn ale Japoniei erau (în afară de Kyoto) în esență rase de pe fața pământului. Europa se afla într-o dezorganizare postbelică, urmând a fi divizată în scurt timp de Războiul Rece. URSS a obținut victoria, dar cu costuri enorme, și a rămas sub dictatura crâncenă a lui Stalin. Statele Unite au căpătat un statut de superputere fără precedent, generând cam jumătate din producția economică mondială. În China domnea sărăcia lucie și

țara se afla, din nou, în pragul unui război civil. Cine ar fi putut să prevadă traiectoriile specifice de mărire și cădere (Japonia), de prosperitate nouă, de probleme noi, de unitate nouă și de dezbinare nouă (Europa), de încredere agresivă în propria putere („Vă vom îngropa!“********) și de dispariție (URSS), de gafe, înfrângeri, realizări irosite și posibilități nerealizate (SUA) și de suferințe, cea mai gravă foamete din lume, refacere lentă și ascensiune abruptă la înălțimi problematice (China)?

În 1945, nimeni nu ar fi putut să prezică o lume cu peste 5 miliarde de locuitori în plus, care să fie în același timp mai bine hrăniți decât în orice altă perioadă a istoriei — chiar și în condițiile în care continuă să irosească o parte incredibil de mare din hrana produsă. Așa cum nimeni nu ar fi anticipat o lume care a izgonit mai multe boli infecțioase (în special poliomielita peste tot și tuberculoza în țările bogate) în zona notelor de subsol ale istoriei, dar care nu poate să împiedice creșterea inegalității economice chiar și în țările cele mai prospere; o lume care este în același timp mult mai curată și mai sănătoasă, dar și mult mai poluată în moduri noi (de la plasticul din oceane la metalele grele din soluri) și, ca urmare a degradării neîntrerupte a biosferei, mai periculoasă; sau o lume copleșită de un noian de informații instantanee și în esență gratuite, dar care vin cu prețul diseminării masive a dezinformărilor, minciunilor și afirmațiilor reprobabile.

După 75 de ani, nu avem niciun motiv să credem că ne aflăm într-o poziție mai bună pentru a prezice amploarea inovațiilor tehnice care urmează (decât dacă, firește, crezi în cvasi-iminenta Singularitate), evenimentele care vor influența averile națiunilor și deciziile (sau absența regretabilă a acestora) care vor determina soarta civilizației noastre în următorii 75 de ani. În pofida preocupării recente legate de efectele finale ale încălzirii globale și de nevoia unei decarbonizări rapide, puține rezultate nesigure vor fi la fel de importante în determinarea viitorului nostru ca traiectoria populației planetei în restul secolului XXI.

Prognozele extreme oferă viitoruri foarte diferite: va depăși populația planetei 15 miliarde în 2100 (de aproape două ori față de 2020), sau se va reduce la 4,8 miliarde, pierzând mai bine de jumătate din totalul de astăzi, populația Chinei reducându-se cu 48%?[62] După cum este de așteptat, variantele medii ale acestor prognoze nu sunt foarte distanțate (8,8 și 10,9 miliarde). Totuși, diferența de 2 miliarde de locuitori nu constituie un decalaj lipsit de importanță, iar aceste comparații arată că până și prognozele de bază în privința populației ajung să se

diferențieze după doar o generație. În mod cât se poate de evident, chiar atunci când previziunile merg doar până la a estima speranța de viață din țările bogate, implicațiile valorilor lor extreme modelează două traiectorii foarte diferite în plan economic, social și de mediu. Și, întrucât prima și a doua schiță a acestei cărți au fost scrise în timpul primului și al celui de-al doilea val de COVID-19, este cât se poate de realist să ne întrebăm dacă noile pandemii cu care ne vom confrunta până la sfârșitul acestui secol (dată fiind frecvența de după 1900 — 1918, 1957, 1968, 2009, 2020 — ne putem aștepta la cel puțin două sau trei astfel de evenimente înainte de 2100) vor fi similare, mult mai slabe sau mult mai virulente decât evenimentul din 2020. Traiul cu aceste incertitudini fundamentale rămâne esența condiției umane — și ne limitează capacitatea de a acționa anticipativ.

Așa cum am remarcat în capitolul de deschidere, nu sunt nici pesimist, nici optimist, sunt om de știință. A înțelege cum funcționează lumea cu adevărat nu presupune existența niciunei agende.

O înțelegere realistă a trecutului, prezentului și viitorului nostru nesigur este cea mai potrivită bază pentru abordarea intervalului necunoscut de timp aflat în fața noastră. Deși nu putem face afirmații precise, știm că perspectiva cea mai probabilă este un amestec de progres și impedimente, de dificultăți aparent insurmontabile și de progrese aproape miraculoase. Viitorul, ca întotdeauna, nu este predeterminat. Felul cum va arăta depinde de acțiunile noastre.

******** În original Apocalypse Not!, aluzie la filmul Apocalypse Now (1979), regizat de Francis Ford Coppola. (N.t.)

******** Frază rostită de Nikita Hrușciov, prim secretar al PCUS, în 1956, adresându-se ambasadorilor țărilor occidentale la o întrunire la ambasada Poloniei din Moscova. (N.t.)

Anexă: Să înțelegem cifrele

Ordine de mărime

Timpul zboară, organismele cresc, lucrurile se schimbă. În lumea ficțiunii, aceste procese și consecințe inexorabile sunt, aproape fără excepție, manipulate în termeni calitativi. În basme, aproape întotdeauna a fost odată ca niciodată, iar protagoniștii sunt bogați (prinți) și săraci (Cenușăreasa), frumoși (fecioare) și urâți (căpcăuni), viteji (cavaleri) sau timizi (șoareci). De obicei, cifrele intervin doar ca simple numărătoare, ca instrumente subordonate intrigii, adesea în triouri: trei frați, trei dorințe, trei purceluși… Nici în ficțiunea modernă lucrurile nu stau altfel. Lady Brett Ashley a lui Hemingway este „al naibii de frumoasă“, dar nu aflăm niciodată ce înălțime are, iar personajul Gatsby al lui Fitzgerald își face prima apariție doar ca „un bărbat cam de vârsta mea“, dar nu-i aflăm niciodată vârsta și nici ce avere are. Doar desemnarea exactă a timpului devine cumva mai proeminentă, adesea în prima frază. În Banii a lui Zola: „Tocmai a bătut ora 11 la Bursă…“ În Nechemat în țărână a lui Faulkner: „Era chiar la amiază, în duminica aceea…“ În O zi din viața lui Ivan Denisovici: „Ca de obicei, la cinci dimineața se sună deșteptarea…“

Prin contrast, lumea de astăzi este plină de cifre. Noile basme, poveștile despre miliardari improbabili, nu uită să precizeze sumele exacte cu care aceștia sunt creditați; noile tragedii, relatările despre ultima scufundare de feribot sau încă un caz de omucideri în masă, sunt însoțite întotdeauna de numărul victimelor. Rapoartele zilnice privind numărul de decese pe plan național și planetar au devenit semnul distinctiv al pandemiei din 2020. Lumea noastră este una nouă, cantitativă, în care oamenii își cuantifică „prietenii“ (de pe Facebook), pașii efectuați zilnic (cu aplicația Fitbit) și priceperea în investiții (prin depășirea mediei NASDAQ). Această cuantificare este generalizată, dar calitatea ei se dovedește a fi, mult prea des, îndoielnică, pentru că numerele se situează de la măsurători precise și repetate la supoziții neglijente și estimări neatente. Din păcate, puțini dintre cei care văd, repetă și folosesc aceste numere le pun la îndoială originile și foarte puțini încearcă să le judece în context. Dar chiar și cifrele cele mai relevante din perioada modernă — cele care ar putea fi indicatoare perfecte ale realităților complexe — sunt adesea eluzive deoarece reprezintă cantități care sunt ori prea mari, ori prea mici pentru a fi înțelese

intuitiv.

Din acest motiv, pot fi cu mare ușurință interpretate și folosite greșit. Chiar și preșcolarii au un sistem mental al reprezentării mărimii care creează un „simț al numerelor“ intuitiv, iar această capacitate se îmbunătățește odată cu educația.[1] În mod evident, acest sistem numeric este doar aproximativ și dă greș atunci când cantitățile cresc la mii, milioane și miliarde. Aici își găsesc utilitatea ordinele de mărime. Cel mai simplu este să ne gândim la ele ca la numărul total de cifre care urmează după prima cifră, înainte de virgula zecimală. Nicio cifră nu urmează după 7 (și nicio cifră suplimentară nu se află între prima cifră și virgula zecimală în numărul 3,5) și deci ambele aceste numere au ordinul de mărime zero. Acest lucru este exprimat în scara logaritmică zecimală (cu baza 10) ca 10^0. Orice număr între 1 și 9 inclusiv va fi un multiplu de 10^0, 10 devine 10^1, 20 este 2×10^1. Avantajele folosirii acestei scări devin evidente odată cu creșterea valorilor numerice. Un salt de 10 ori ne aduce la obiecte numărate în sute (10^2) și apoi la mii (10^3), zeci de mii (10^4), sute de mii (10^5) și milioane (10^6).

Mai departe, intrăm în domenii în care e ușor să facem erori în privința ordinelor de mărime: unele familii bogate (fondatori de firme, proprietari sau moștenitori norocoși) își adaugă anual la averile proprii zeci (10^7) sau sute (10^8) de milioane de dolari; în 2020, numărul miliardarilor (10^9 dolari) din întreaga lume era de circa 2 100, iar averile celor mai bogați dintre ei sunt acum evaluate la peste 100 de miliarde sau 10^{11} dolari.[2] Din perspectiva valorii individuale nete, în comparație cu valoarea de câțiva dolari a hainelor ponosite și pantofilor scâlciați ai unui imigrant african nevoiaș, decalajul este astfel de 10 ordine de mărime.

Diferența este atât de mare, încât nu putem găsi niciun echivalent printre proprietățile care separă cele mai importante clase de animale terestre: păsările și mamiferele. Diferența dintre masele corporale ale celor mai mici și celor mai mari mamifere (șoricelul pigmeu (Suncus etruscus) de 10^0 grame și elefantul african de 10^6 grame) este de „doar“ șase ordine de mărime. Diferența dintre anvergurile aripilor pentru cele mai mici și cele mai mari păsări zburătoare (colibri-albină cu 3 cm și condorul andin cu 320 de centimetri) este de doar două ordine de mărime.[3] Este clar că unii oameni au ajuns mult mai departe în separarea lor de restul mulțimii decât ar fi putut să o facă evoluția naturală.

Și există o modalitate și mai ușoară de a indica ordinele de mărime, alta decât prin a le scrie complet simbolurile valorice sau a le exprima ca exponenți ai logaritmilor zecimali. Dat fiind că acești multipli sunt întâlniți atât de frecvent

atât în cercetarea științifică, cât și în practica inginerească, le-au fost atribuite denumiri grecești specifice care să fie folosite ca prefixe pentru primele trei ordine de mărime — 10 este deca, 10^2 este hecto, 10^3 este kilo — și apoi pentru fiecare al treilea ordin de mărime: 10^6 este mega, 10^9 este giga și tot așa până la yotta, 10^{24}, care acum este cel mai mare ordin de mărime denumit. În tabelul alăturat sunt rezumate toate acestea — de la numere efective la denumiri specifice.

Multipli din Sistemul Internațional de Unități folosiți în text

Prefix	Abreviere	Notație științifică
Hecto	H	10^2
kilo	K	10^3
Mega	M	10^6
giga	G	10^9
tera	T	10^{12}
peta	P	10^{15}
exa	E	10^{18}
Zetta	Z	10^{21}
Yotta	Y	10^{24}

O altă modalitate de a ilustra gama nemaiîntâlnită a mărimilor care facilitează funcționarea societăților moderne este să le comparăm cu gama experiențelor tradiționale. Două exemple cheie vor fi suficiente. În societățile preindustriale, vitezele extreme de deplasare pe uscat se deosebeau doar printr-un factor de doi, de la mersul pe jos lent (4 km/h) la diligențele trase de cai (8 km/h) pentru cei care își permiteau să plătească un loc (adesea necapitonat). În schimb, în prezent, vitezele de deplasare acoperă două ordine de mărime, de la 4 km/h pentru mersul pe jos lent la 900 km/h pentru avioanele cu reacție.

Iar cel mai puternic motor primar (un organism sau o mașină care furnizează energie cinetică) pe care îl putea controla în mod obișnuit o persoană în timpul erei preindustriale era un cal puternic la 750 wați.[4] Acum sute de milioane de oameni conduc vehicule cu puteri cuprinse între 100 și 300 de kilowați — de până la 400 de ori puterea unui cal — iar pilotul unui avion de tip jumbo jet comandă circa 100 de megawați (echivalentul a peste 130 000 de cai puternici) la viteză de croazieră. Aceste câștiguri au fost prea mari pentru a fi înțelese direct sau intuitiv. Trebuie să fim foarte atenți la ordinele de mărime ca să înțelegem cum se cuvine lumea modernă!

Referințe și note

1. Să înțelegem energia: combustibili și electricitate

1. Nu vom reuși niciodată să stabilim cu exactitate când a avut loc acest eveniment, care a fost datat într-un interval cuprins între 3,7 și 2,5 miliarde de ani în T. Cardona, „Thinking twice about the evolution of photosynthesis“, Open Biology 9/3 (2019), 180246.

2. A. Herrero și E. Flores, editori, The Cyanobacteria: Molecular Biology, Genomics and Evolution (Wymondham: Caister Academic Press, 2008).

3. M.L. Droser și J.G. Gehling, „The advent of animals: The view from the Ediacaran“, Proceedings of the National Academy of Sciences 112/16 (2015), pp. 4865–4870.

4. G. Bell, The Evolution of Life (Oxford: Oxford University Press, 2015).

5. C. Stanford, Upright: The Evolutionary Key to Becoming Human (Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2003).

6. Momentul în care homininii au folosit pentru prima oară focul în mod deliberat și controlat va rămâne mereu incert, dar cele mai bune dovezi ne arată că nu s-a întâmplat mai târziu decât cu 800 000 de ani în urmă: N. Goren-Inbar et al., „Evidence of hominin control of fire at Gesher Benot Ya’aqov, Israel“, Science 304/5671 (2004), pp. 725–727.

7. Wrangham susține că gătitul a fost unul dintre cei mai importanți pași înainte pe calea evoluției noastre: R. Wrangham, Catching Fire: How Cooking Made Us Human (New York: Basic Books, 2009).

8. Domesticirea unui mare număr de specii de plante a avut loc independent în mai multe regiuni ale Lumii Vechi și Noi, dar în Orientul Apropiat s-a produs

primul grup: M. Zeder, „The origins of agriculture in the Near East“, Current Anthropology 52/Supplement 4 (2011), S221-S235.

9. Printre animalele de tracțiune se numărau vitele, bivolii, iacii, caii, catârii, măgarii, cămilele, lama, elefanții și (mai rar) renii, oile, caprele și câinii. În afară de cabaline (caii, măgarii, catârii), doar cămilele, iacii și elefanții au fost folosiți pe scară largă pentru călărit.

10. Evoluția acestor mașini este descrisă în V. Smil, Energy and Civilization: A History (Cambridge, MA: MIT Press, 2017), pp. 146–163.

11. P. Warde, Energy Consumption in England and Wales, 1560–2004 (Napoli: Consiglio Nazionale delle Ricerche, 2007).

12. Pentru istoria exploatării cărbunelui de către britanici, vezi: J.U. Nef, The Rise of the British Coal Industry (London: G. Routledge, 1932); M.W. Flinnet et al., History of the British Coal Industry, 5 volume (Oxford: Oxford University Press, 1984–1993).

13. R. Stuart, Descriptive History of the Steam Engine (London: Wittaker, Treacher and Arnot, 1829).

14. R.L. Hills, Power from Steam: A History of the Stationary Steam Engine (Cambridge: Cambridge University Press, 1989), p. 70; J. Kanefsky and J. Robey, „Steam engines in 18th-century Britain: A quantitative assessment“, Technology and Culture 21 (1980), pp. 161–186.

15. Aceste calcule sunt foarte aproximative; chiar dacă am ști cu exactitate totalurile pentru forța de muncă și animalele de tracțiune, tot ar trebui să facem supoziții privind puterea lor caracteristică și numărul cumulat al orelor de muncă.

16. Totalurile efective au fost de sub 0,5 EJ în 1800, crescând la aproape 22 EJ în 1900 și la aproape 350 în anul 2000, urcând până la 525 EJ în 2020. Pentru o relatare istorică a tranzițiilor energetice la nivel mondial (și la multe niveluri naționale), vezi V. Smil, Energy Transitions: Global and National Perspectives (Santa Barbara, CA: Praeger, 2017).

17. Valorile medii combinate ale randamentelor energetice istorice sunt luate din calculele pe care le-am efectuat pentru: Smil, Energy and Civilization, pp. 297–

301. Pentru randamente de conversie generale în anii recenți, vezi diagramele Sankey ale fluxurilor de energie realizate pentru lume (https://www.iea.org/sankey) sau pentru țări individuale; iar pentru SUA, vezi https://flowcharts.llnl.gov/content/assets/images/energy/us/ Energy_US_ 2019.png.

18. Date pentru aceste calcule pot fi găsite în Energy Statistics Yearbook, https://unstats.un.org/unsd/energystats/pubs/yearbook/; și în Statistical Review of World Energy (al companiei British Petroleum), https://www.bp.com/en/ global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html.

19. L. Boltzmann, Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie (prelegere susținută la Ședința festivă a Academiei Imperiale de Știință din Viena), 29 mai 1886. Vezi și P. Schuster, „Boltzmann and evolution: Some basic questions of biology seen with atomistic glasses“, în G. Gallavotti et al., editori, Boltzmann's Legacy (Zürich: European Mathematical Society, 2008), pp. 1–26.

20. E. Schrödinger, What Is Life? (Cambridge: Cambridge University Press, 1944), p. 71.

21. A.J. Lotka, „Natural selection as a physical principle“, Proceedings of the National Academy of Sciences 8/6 (1922), pp. 151–154.

22. H.T. Odum, Environment, Power, and Society (New York: Wiley Interscience, 1971), p. 27.

23. R. Ayres, „Gaps in mainstream economics: Energy, growth, and sustainability“, în S. Shmelev, ed., Green Economy Reader: Lectures in Ecological Economics and Sustainability (Berlin: Springer, 2017), p. 40. Vezi și R. Ayres, Energy, Complexity and Wealth Maximization (Cham: Springer, 2016).

24. Smil, Energy and Civilization, p. 1.

25. Ayres, „Gaps in mainstream economics“, p. 40.

26. Istoria conceptului de energie este tratată în detalii revelatoare în J. Coopersmith, Energy: The Subtle Concept (Oxford: Oxford University Press, 2015).

27. R.S. Westfall, Force in Newton's Physics: The Science of Dynamics in the Seventeenth Century (New York: Elsevier, 1971).

28. C. Smith, The Science of Energy: A Cultural History of Energy Physics in Victorian Britain (Chicago: University of Chicago Press, 1998); D.S.L. Cardwell, From Watt to Clausius: The Rise of Thermodynamics in the Early Industrial Age (London: Heinemann Educational, 1971).

29. J.C. Maxwell, Theory of Heat (London: Longmans, Green, and Company, 1872), p. 101.

30. R. Feynman, The Feynman Lectures on Physics (Redwood City, CA: Addison-Wesley, 1988), vol. 4, p. 2.

31. Cărțile introductive de termodinamică sunt numeroase, dar una iese în evidență: K. Sherwin, Introduction to Thermodynamics (Dordrecht: Springer Netherlands, 1993).

32. N. Friedman, U.S. Submarines Since 1945: An Illustrated Design History (Annapolis, MD: US Naval Institute, 2018).

33. Factorul de capacitate (sarcină) este raportul dintre generarea efectivă și outputul maxim pe care o unitate este capabilă să o producă. De exemplu, o turbină eoliană mare de 5 MW care funcționează neîntrerupt toată ziua va genera 120 MWh de electricitate; dacă producția reală este de numai 30 MWh, atunci factorul de capacitate este de 25%. În cazul Statelor Unite ale Americii, factorii de capacitate medii pentru 2019 (rotunjiți) au fost: 21% pentru panourile solare, 35% pentru turbinele eoliene, 39% pentru hidrocentrale și 94% pentru centralele nucleare: Tabelul 6.07.B „Capacity Factors for Utility Scale Generators Primarily Using Non-Fossil Fuels“, https://w
ww.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.php? t=epmt_6_07_b. Factorul de capacitate scăzut al celulelor solare din Germania nu constituie o surpriză: atât Berlinul, cât și Münchenul au mai puține ore însorite pe an decât Seattle!

34. O lumânare votivă — cântărind circa 50 g, cu densitatea energetică a parafinei de 42 kJ/g — conține 2,1 MJ (50 × 42 000) de energie chimică, iar puterea ei medie în timpul arderii sale de 15 ore va fi de aproape 40 W (cam ca un bec electric slab). Dar în ambele cazuri doar o mică parte din energia totală va fi transformată în lumină: mai puțin de 2% pentru un bec modern cu

incandescență, doar 0,02% pentru o lumânare din parafină. Pentru greutăți și timpi de ardere ai lumânărilor, vezi https://www.candlewarehouse.ie/shopcontent.asp?type=bum-times; pentru randamente luminoase, vezi https://web.archive.0rg/web/20120423123823/http://www.ccri.edu/physics/keefe/hght.htm.

35. Calcule privind metabolismul bazal pot fi găsite la: Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation, Human Energy Requirements (Roma: FAC), 2001), p. 37, http://www.fao.org/3/a-y5686e.pdf.

36. Engineering Toolbox, „Fossil and Alternative Fuels — Energy Content“ (2020), https://www.engineeringtoolbox.com/fossil- fuels-energy-content-d_1298.html.

37. V. Smil, Oil: A Beginner’s Guide (London: Oneworld, 2017); L. Maugeri, The Age of Oil: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource (Westport, CT: Praeger Publishers, 2006).

38. T. Mang, ed., Encyclopedia of Lubricants and Lubrication (Berlin: Springer, 2014).

39. Asphalt Institute, The Asphalt Handbook (Lexington, KY: Asphalt Institute, 2007).

40. International Energy Agency, The Future of the Petrochemicals (Paris: IEA, 2018).

41. C.M.V. Thuro, Oil Lamps: The Kerosene Era in North America (New York: Wallace-Homestead Book Company, 1983).

42. G. Li, World Atlas of Oil and Gas Basins (Chichester: Wiley-Blackwell, 2011); R. Howard, The Oil Hunters: Exploration and Espionage in the Middle East (London: Hambledon Continuum, 2008).

43. R.F. Aguilera și M. Radetzki, The Price of Oil (Cambridge: Cambridge University Press, 2015); A.H. Cordesman și K.R. al-Rodhan, 'The Global Oil Market: Risks and Uncertainties (Washington, DC: CSIS Press, 2006).

44. Performanța medie a mașinilor americane era de circa 15 l/100 km la începutul anilor 1930 și a continuat să se deterioreze timp de patru decenii,

ajungând la 17,7 l/100 km în 1973. Noile standarde CAFE (Corporate Average Fuel Economy) au înjumătățit consumul la 8,55 l/100 km în 1985, dar faptul că ulterior prețul petrolului s-a menținut la un nivel scăzut a făcut ca până în 2010 să nu se mai înregistreze niciun progres. V. Smil, Transforming the Twentieth Century (New York: Oxford University Press, 2006), pp. 203–208.

45. Statistici detaliate privind producția și consumul de energie se găsesc în Energy Statistics Yearbook și în BP’s Statistical Review of World Energy (ONU).

46. S.M. Ghanem, OPEC: The Rise and Fall of an Exclusive Club (London: Routledge, 2016); V. Smil, Energy Food Environment (Oxford: Oxford University Press, 1987), pp. 37–60.

47. J. Buchan, Days of God: The Revolution in Iran and Its Consequences (New York: Simon & Schuster, 2013); S. Maloney, The Iranian Revolution at Forty (Washington, DC: Brookings Institution Press, 2020).

48. Industriile energointensive (metalurgie, sinteză chimică) au fost primele sectoare care și-au scăzut consumul specific de energie; succesul standardelor americane CAFE a fost deja remarcat (vezi nota 44); și aproape toată generarea de electricitate care anterior se bazase pe țiței sau pe păcură a fost convertită la cărbune sau gaze naturale.

49. Cotele pentru țiței de după 1980 au fost calculate din datele privind consumul din Statistical Review of World Energy, British Petroleum.

50. Feynman, The Feynman Lectures on Physics, vol. 1, pp. 4–6.

51. Aceste îngrijorări afectează acum o parte tot mai mare a populației planetei — începând din 2007, peste jumătate dintre oameni locuiesc în orașe, iar până în 2025 circa 10% vor locui în marile metropole.

52. B. Bowers, Lengthening the Day: A History of Lighting (Oxford: Oxford University Press, 1988).

53. V. Smil, „Luminous efficacy“, IEEE Spectrum (aprilie 2019), p. 22.

54. Motoarele electrice cu curent alternativ au cunoscut primele utilizări comerciale în SUA spre sfârșitul anilor 1880, iar în anii 1890 un mic ventilator

acționat de un motor de 125 W s-a vândut în aproape 100 000 de unități: L.C. Hunter și L. Bryant, A History of Industrial Power in the United States, 1780–1930, vol. 3: The 'Transmission of Power (Cambridge, MA: MIT Press, 1991), p. 202.

55. S.H. Schurr, „Energy use, technological change, and productive efficiency", Annual Review of Energy 9 (1984), pp. 409–425.

56. Două concepte de bază sunt motoarele vibrante cu masă rotativă excentric și motoarele vibrante liniare. Motoarele de tip monedă sunt acum cele mai subțiri (grosime de până la 1,8 mm) unități disponibile (https://www.vibrationmotors.com/vibration-motor-product-guide/cell-phone-vibration-motor). Ținând cont de vânzările mondiale de telefoane inteligente — 1,37 miliarde de unități în 2019 (https://www.canalys.com/newsroom/canalys-global-smartphone-market-q4- 2019)—nici un alt tip de motor electric nu se mai fabrică în cantități comparabile.

57. Trenurile TGV din Franța au două locomotive ale căror motoare au o putere totală de 8,8 — 9,6 MW. La trenurile japoneze Shinkansen seria N700, 14 din 16 vagoane sunt locomotive cu o putere totală de 17 MW: http://www.railway-research.org/IMG/pdf/r.1.3.3.3.pdf.

58. În vehiculele de lux, masa totală a acestor mici servomotoare electrice se poate ridica până la 40 kg: G. Ombach, „Challenges and requirements for high volume production of electric motors", SAE (2017), http://www.sae.org/events/training/symposia/emotor/presentations/2011/Grzegorz

59. Pentru mai multe informații despre motoarele electrice folosite în aparatura de uz casnic, vezi Johnson Electric, „Custom motor drives for food processors" (2020), https://www.johnsonelectric.com/en/features/custom-motor-drives-for-food-processors.

60. Ciudad de Mexico este cel mai bun exemplu privind această cerere extraordinară: apa din sursa principală, râul Cutzamala, furnizează circa două treimi din necesarul total și trebuie ridicată la o diferență de nivel de peste 1 km; la o cantitate livrată anual de peste 300 de milioane de m^3, aceasta reprezintă o energie potențială de peste 3 PJ, echivalent cu aproape 80 000 de tone de motorină. R. Salazar et al., „Energy and environmental costs related to water supply in Mexico City", Water Supply 12 (2012), pp. 768–772.

61. Acestea sunt motoare destul de mici (0,25 — 0,5 CP, respectiv, circa 190 — 370 W), dat fiind că până și motorul unei suflante mai mari are o putere mai mică decât cel dintr-un robot de bucătărie mic (400 — 500 W). Suflarea forțată a aerului este o sarcină mai ușoară decât tocatul legumelor și frământatul aluatului.

62. Perioada de început a istoriei electricității este relatată în L. Figuier, Les nouvelles conquêtes de la science: L'électricité (Paris: Manoir Flammarion, 1888); A. Gay și C.H. Yeaman, Central Station Electricity Supply (London: Whittaker & Company, 1906); M. MacLaren, The Rise of the Electrical Industry During the Nineteenth Century (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1943); Smil, Creating the Twentieth Century, pp. 32–97.

63. Chiar și în SUA este doar cu puțin mai mare. În 2019, 27,5% din toată cantitatea de combustibili fosili din Statele Unite (împărțită aproximativ între cărbune și gaze naturale, în timp ce combustibilii lichizi reprezentau doar o parte neglijabilă) era folosită pentru generarea electricității: https://flowcharts.llnl.gov/content/assets/images/energy/us/Energy_US_20i9-png.

64. Comisia Internațională pentru Baraje Mari, World Register of Dams (Paris: ICOLD, 2020).

65. Agenția Internațională pentru Energie Atomică, The Database of Nuclear Power Reactors (Vienna: IAEA, 2020).

66. Date provenind din Statistical Review of World Energy, British Petroleum.

67. Metroul din Tokyo, orarul stației Tokyo (accesat în 2020), https://www.tokyometro.jp/lang_cn/station/tokyo/timetable/marunouchi/a/index.h

68. O mare colecție de imagini satelitare de noapte se poate vizualiza la https://earthobservatory.nasa.gov/images/event/79869/earth-at-night.

69. Electric Power Research Institute, Metrics for Micro Grid: Reliability and Power Quality (Palo Alto, CA: EPRI, 2016), http://integratedgrid.com/wp-content/t1ploads/2017/01/4-Key-Microgrid-Reliability- PQ-metrics.pdf.

70. În perioada de mortalitate ridicată cauzată de COVID-19 nu au fost probleme cu furnizarea electricității, dar în unele orașe a fost depășită temporar capacitatea morgilor, astfel încât a fost nevoie să se utilizeze camioane frigorifice.

Refrigerarea cadavrelor la morgă este un alt sector important dependent de motoarele electrice: https://www.fiocchetti.it/en/pro- dotti.asp?id=7.

71. Conceptul recunoaște faptul că nu va fi posibil să se elimine în întregime emisiile antropogene de CO_2, dar nici nu s-a ajuns la vreun acord cu privire la cât de substanțială va trebui să fie captarea directă din aer și nici nu s-a realizat vreun proces convenabil și la scară mare în acest scop. În capitolul final, voi face referire la câteva dintre aceste opțiuni.

72. United Nations Climate Change, „Commitments to net zero double in less than a year“ (Septembrie 2020), https://unfccc.int/ news/commitments-to-net-zero-double-in-less-than-a-year. Vezi și Climate Action Tracker (https://climateactiontracker. org/countries/).

73. Agenția daneză pentru energie, Annual Energy Statistics (2020), https://ens.dk/en/our-services/statistics-data-key-figures-and-energy-maps/annual-and-monthly-statistics.

74. Datele privind capacitatea și generarea Germaniei pot fi găsite în: Bundesverband der Energie-und Wasserwirtschaft, Kraftwerkspark in Deutschland (2018), https://www.bdew.de/energie/kraftwerkspark-deutschland-gesamtfoliensatz/; VGB, Stromerzeugung 2018/2019, https://www.vgb.org/daten_stromerzcugung.html?dfid=93254.

75. Clean Line Energy, compania care plănuia să dezvolte cinci proiecte de distribuție mari în SUA, a intrat în insolvență în 2019, iar Plains & Eastern Clean Line, care urma să devină coloana vertebrală a unei noi rețele americane până în 2020 (completase deja din 2014 declarația privind impactul asupra mediului) a luat sfârșit odată cu retragerea din proiect a Departamentului pentru Energie al SUA; s-ar putea să nu fie construită nici până în 2030.

76. N. Troja și S. Law, „Let’s get flexible — Pumped storage and the future of the power systems“, IHA website (septembrie 2020). În 2019, Florida Power and Light a anunțat că cel mai mare proiect de stocare în baterii din lume, Manatee, de 900 MWH, va fi definitivat la finalul anului 2021. Dar cea mai mare hidrocentrală cu acumulare prin pompare (Bath County din SUA) are o capacitate de 24 GWh, de 27 de ori mai mult decât viitoarea instalație de stocare a FPL, iar la nivel mondial capacitatea hidrocentralelor cu pompe în 2019 a fost de 8 TWh, față de circa 7 GWh în baterii — de aproape 1 300 de ori mai puțin.

77. O stocare pentru o singură zi pentru un mega-oraș cu 20 de milioane de locuitori va trebui să asigure cel puțin 300 GWh, un total de peste 300 de ori mai mare decât cea mai mare capacitate de stocare în baterii din Florida.

78. Comisia Europeană, Going Climate-Neutral by 2050 (Bruxelles: Comisia Europeană, 2020).

79. În 2019, bateriile litiu-ion din cele mai bine vândute vehicule electrice aveau o densitate energetică de circa 250 Wh/kg: G. Bower, „Tesla Model 3 2170 Densitatea energetică Compared to Bolt, Model S1009D“, InsideEVs (februarie 2019), https://insideevs.com/news/342679/tesla-model-3-2170-energy-density-compared-to-bolt-model-s-p100d/.

80. În ianuarie 2020, cele mai lungi curse aeriene programate au fost Newark — Singapore (9 534 km), Auckland — Doha și Perth — Londra, durata primeia dintre ele fiind de circa 18 ore: T. Pallini, „The 10 longest routes flown by airlines in 2019“, Business Insider (aprilie 2020), https://www.businessinsider.com/top-10-longest-flight-routes-in-the- world-2020-4.

81. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Energiedaten: Gesamtausgabe (Berlin: BWE, 2019).

82. The Energy Data and Modelling Center, Handbook of Japan's & World Energy & Economic Statistics (Tokyo: EDMC, 2019).

83. Datele privind consumul preluate din British Petroleum, Statistical Review of World Energy.

84. International Energy Agency, World Energy Outlook 2020 (Paris: IEA, 2020), https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020.

85. 85 V. Smil, „What we need to know about the pace of decarbonization“, Substantia 3/2, supplement 1 (2019), pp. 13–28; V. Smil, „Energy (r)evolutions take time“, World Energy 44 (2019), pp. 10–14. Pentru o perspectivă diferită, vezi Energy Transitions Commission, Mission Possible: Reaching Net-Zero Carbon Emissions from Harder-to- Abate Sectors by Mid-Century (20i8),http://www.energy-transitions.org/sites/default/files/ETC_MissionPossible_FullReport.pdf.

2. Să înțelegem producția de hrană: Mâncăm combustibili fosili

1. B.L. Pobiner, „New actualistic data on the ecology and energetics of hominin scavenging opportunities“, Journal of Human Evolution 80 (2015), pp. 1–16; R.J. Blumenschine și J.A. Cavallo, „Scavenging and human evolution“, Scientific American 267/4 (1992), pp. 90–95.

2. V. Smil, Energy and Civilization: A History (Cambridge, MA: MIT Press 2018), pp. 28–40.

3. K.W. Butzer, Early Hydraulic Civilization in Egypt (Chicago: University of Chicago Press, 1976); K.W. Butzer, „Long-term Nile flood variation and political discontinuities in Pharaonic Egypt“, în J.D. Clark și S.A. Brandt, editori, From Hunters to Farmers (Berkeley: University of California Press 1984), pp. 102–112.

4. FAO, The State of Food Security and Nutrition in the World (Rome: FAO, 2020), http://www.fao.org/3/ca9692en/CA9692EN.pdf.

5. Lungimile de undă care sunt în mare parte absorbite sunt de 450 — 490 nm pentru porțiunea albastră și de 635 — 700 nm pentru porțiunea roșie a spectrului; partea verde (520 — 560 nm) este reflectată în mare măsură, de unde și culoarea dominantă a vegetației.

6. Productivitatea anuală totală a fotosintezei terestre (păduri, pășuni, culturi vegetale) și oceanice (în special, fitoplancton) este aproximativ aceeași, dar, spre deosebire de plantele de uscat, fitoplanctonul are o durată a vieții foarte scurtă, de numai câteva zile.

7. Relatări detaliate ale practicilor agricole din America secolului XIX sunt compilate în L. Rogin, The Introduction of Farm Machinery (Berkeley: University of California Press, 1931). Bugetul de timp pentru anul 1800 se bazează pe practicile dominante dintre anii 1790 și 1820, detaliate la p. 234.

8. Calcule bazate pe datele lui Rogin privind cultivarea grâului în districtul Richland din Dakota de Nord în 1893, p. 218.

9. Smil, Energy and Civilization, p. 111.

10. Pentru dimensiunea medie a fermelor din SUA între anii 1850 și 1940, vezi US Department of Agriculture, U.S. Census of Agriculture: 1940, p. 68. Pentru dimensiunile fermelor din Kansas: Kansas Department of Agriculture, Kansas Farm Facts (2019), https://agriculture.ks.gov/ahout-kda/kansas-agriculture.

11. Pentru imagini și specificațiile tehnice ale tractoarelor mari, vezi site-ul de internet al firmei John Deere: https://www.deere.com/en/agriculture/.

12. Calculele mele se bazează pe bugetele recoltelor din 2020 pentru culturile de grâu neirigat din Kansas și pe estimări tipice ale randamentului muncii: Kansas State University, 2020 Farm Management Guides for Non-irrigated Crops, https://www.agmanager.info/farm-mgmt-guides/2020-farm-management-guides-non-irrigated-crops; B. Battel și D. Stein, Custom Machine and Work Rate Estimates (2018), https://www.canr.msu.edu/field_crops/uploads/files/2018percent20Custompercen

13. Cuantificarea acestor utilizări indirecte ale energiei necesită multe supoziții și aproximări inevitabile, motiv pentru care nu ar putea fi niciodată la fel de exactă ca monitorizarea consumului direct de combustibil.

14. De exemplu în Europa cantitatea medie de glifosat, cel mai folosit erbicid din lume, este de numai 100 — 300 g ingredient activ pe hectar: C. Antier, „Glyphosate use in the European agricultural sector and a framework for its further monitoring“, Sustainability 12 (2020), p. 5682.

15. V. Gowariker et al., The Fertilizer Encyclopedia (Chichester: John Wiley, 2009); H.F. Reetz, Fertilizers and Their Efficient Use (Paris: International Fertilizer Association, 2016).

16. Dar cultura care a primit de departe cea mai mare cantitate de azot este ceaiul verde japonez. Frunzele sale uscate conțin 5–6% azot; de regulă, plantațiile primesc mai mult de 500 kg N/ha și chiar până la 1 t N/ha: K. Oh et al., „Environmental problems from tea cultivation in Japan and a control measure using calcium cyanamide“, Pedosphere 16/6 (2006), pp. 770–777.

17. G.J. Leigh, ed., Nitrogen Fixation at the Millennium (Amsterdam: Elsevier, 2002); T. C Miyama, ed., Advances in Biology and Ecology of Nitrogen Fixation (IntechOpen, 2014), https://www.intechopen.com/books/advances-in-biology-and-ecology-of-nitrogen-fixation.

18. Sustainable Agriculture Research and Education, Managing Cover Crops Profitably (College Park, Ml): SARE, 2012).

19. Emile Zola, The Fat and the Thin, https://www.gutenberg.org/files/5744/5744-h/5744-h.htm.

20. Pentru istoria sintezei amoniacului, vezi: V. Smil, Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the 'Transformation of World Food Production (Cambridge, MA: MIT Press, 2001); D. Stoltzenberg, Fritz Haber: Chemist, Nobel Laureate, German, Jew (Philadelphia, PA: Chemical Heritage Press, 2004).

21. N.R. Borlaug, The Green Revolution Revisited and The Road Ahead, Nobel Prize Lecture 1970, https://assets.nobelprize.org/uploads/2018/06/borlaug-lecture.pdf; M.S. Swaminathan, 50 Years of Green Revolution: An Anthology of Research Papers (Singapore: World Scientific Publishing, 2017).

22. G. Piringer și L.J. Steinberg, „Reevaluation of energy use in wheat production in the United States“, Journal of Industrial Ecology 10/1–2 (2006), pp. 149–167; C.G. Sorensen et al., „Energy inputs and GHG emissions of tillage systems, Biosystems Engineering 120 (2014), pp. 2–14; W.M.J. Achten și K. van Acker, „EU-average impacts of wheat production: A meta-analysis of life cycle assessments“, Journal of Industrial Ecology 20/1 (2015), pp. 132–144; B. Degerli et al., „Assessment of the energy and exergy efficiencies of farm to fork grain cultivation and bread making processes in Turkey and Germany“, Energy 93 (2015), pp. 421–434.

23. Motorina este folosită de toate mașinile agricole mari (tractoare, combine, camioane, pompe de irigații), precum și în transportul angro pe distanțe lungi al recoltelor (trenuri de marfă tractate de locomotive diesel, barje, nave specializate). Tractoarele mici și camionetele funcționează cu benzină, iar pentru uscarea cerealelor se folosește propanul.

24. Aceasta are un volum doar cu puțin mai mic decât ceașca folosită în SUA pentru măsurarea ingredientelor pentru gătit: are exact 236,59 ml.

25. N. Myhrvold și F. Migoya, Modernist Bread (Bellevue, WA: The Cooking Lab, 2017), vol. 3, p. 63.

26. Bakerpedia, „Extraction rate“, https://bakerpedia.com/processes/extraction-rate/.

27. Carbon Trust, Industrial Energy Efficiency Accelerator: Guide to the Industrial Bakery Sector (London: Carbon Trust, 2009); K. Andersson și T. Ohlsson, „Life cycle assessment of bread produced on different scales“, International Journal of Life Cycle Assessment 4 (U99), pp. 25–40.

28. Pentru detalii privind OCHA destinate creșterii puilor de găină, vezi V. Smil, Should We Eat Meat? (Chichester: Wiley-Blackwell, 2013), pp. 118–127, 139–149

29. US Department of Agriculture, Agricultural Statistics (2019), USDA Table 1–75, https://www.nass.usda.gov/Publications/Ag_Statistics/2019/2019_complete_publ

30. National Chicken Council, „U.S. Broiler Performance“ (2020), https://www.nationalchickencouncil.org/about-the-industry/statistics/u-s-broiler-performance/.

31. Pentru comparații între greutățile în viu, în carcasă și bune de consum ale animalelor domestice crescute pentru carne, vezi Smil, Should We Eat Meat?, pp. 109–110.

32. V.P. da Silva et al., „Variability in environmental impacts of Brazilian soybean according to crop production and transport scenarios“, Journal of Environmental Management 91/9 (2010), pp. 1831–1839.

33. M. Ranjaniemi și J. Ahokas, „A case study of energy consumption measurement system in broiler production“, Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue i (2012), pp. 195–204; M.C. Mattioli et al., „Energy analysis of broiler chicken production system with darkhouse installation“, Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambienta 22 (2018), pp. 648–652.

34. US Bureau of Labor Statistics, „Average Retail Food and Energy Prices, U.S. and Midwest Region“ (accesat în 2020), https://www.bls.gov/regions/mid-atlantic/data/averageretailfoodandenergyprices_usandmidwest_table.htm;

FranceAgriMer, „Poulet“ (accesat în 2020), https://rnm.franceagrimer.fr/prix?POULET.

35. R. Mehta, „History of tomato (poor man’s apple)“, IOSR Journal of Humanities and Social Science 22/8 (2017), pp. 31–34.

36. O roșie conține circa 20 mg de vitamina C pe 100 g; aportul alimentar zilnic recomandat de vitamina C este de 60 mg pentru adulți.

37. D.P. Neira et al., „Energy use and carbon footprint of the tomato production in heated multi-tunnel greenhouses in Almeria within an exporting agrifood system context“, Science of the Total Environment 628 (2018), pp. 1627–1636.

38. Culturile de roșii din Almería primesc anual între 1 000 și 1 500 kg N/ha, în vreme ce o cultură obișnuită de porumb din SUA primește 150 kg N/ha: US Department of Agriculture, Fertilizer Use and Price (2020), table 10, https://www.ers.usda.gov/data-products/fertilizer-use-and-price.aspx.

39. „Spain: Almería already exports 80 percent of the fruit and veg it produces“, Fresh Plaza (2018), https://www.freshplaza.com/article/9054436/spain-almeria-already-exports-80-of-the-fruit-and-veg- it-produces/.

40. Camioanele pentru transporturi pe distanțe lungi din Europa au un consum mediu de combustibil de 30 L/100 km sau 11 MJ/km: International Council of Clean Transportation, Fuel Consumption Testing of 'Tractor-Trailers in the European Union and the United States (mai 2018).

41. Pescuitul la scară industrială are loc acum în peste 55% din oceanele planetei, cuprinzând o suprafață care este de peste patru ori mai mare decât cea de uscat dedicată agriculturii la nivel mondial: D.A. Kroodsma et al., „Tracking the global footprint of fisheries“, Science 359/6378 (2018), pp. 904–908. Navele care pescuiesc ilegal își opresc transponderele, dar pozițiile miilor de vase care operează legal (marcajele oranj) pot fi văzute în timp real la https://www.marinetraffic. com.

42. R.W.R. Parker și P.H. Tyedmers, „Fuel consumption of global fishing fleets: Current understanding and knowledge gaps“, Fish and Fisheries 16/4 (2015), pp. 684–696.

43. Costurile energetice cele mai mari sunt pentru crustaceele (creveți și homari)

prinse de traulele distructive de pe fundul oceanului în Europa, cu un maximum de 17,3 L/kg de captură.

44. D.A. Davis, Feed and Feeding Practices in Aquaculture (Sawston: Woodliead Publishing, 2015); A.G.J. Tacon et al., „Aquaculture feeds: addressing the long-term sustainability of the sector“, în Farming the Waters for People and Food (Roma: FAO, 2010), pp. 193–231.

45. S. Gingrich et al., „Agroecosystem energy transitions in the old and new worlds: trajectories and determinants at the regional scale“, Regional Environmental Change 19 (2018), pp. 1089–1101; E. Aguilera et al., Embodied Energy in Agricultural Inputs: Incorporating a Historical Perspective (Sevilla: Universitatea Pablo de Olavide, 2015); J. Woods et al., „Energy and the food system“, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 365 (2010), pp. 2991–3006.

46. V. Smil, Growth: From Microorganisms to Megacities (Cambridge, MA: MIT Press, 2019), p. 311.

47. S. Hicks, „Energy for growing and harvesting crops is a large component of farm operating costs“, Today in Energy (17 octombrie 2014), https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=18431.

48. P. Canning et al., Energy Use in the U.S. Food System (Washington, DC: USDA, 2010).

49. Tendința de unificare a fermelor a continuat constant: J.M. MacDonald et al., „Three Decades of Consolidation in U.S. Agriculture“, USDA Economic Information Bulletin 189 (Martie 2018). Importurile de alimente ca parte din consumul total au crescut chiar și în multe țări care sunt mari exportatoare nete de hrană (SUA, Canada, Australia, Franța), în principal datorită cererii mai mari de fructe și legume proaspete și de fructe de mare. Începând din 2010, cota parte din bugetul americanilor destinat alimentelor consumate „în oraș“ a depășit cota destinată mâncatului acasă. M.J. Saksena et al., America’s Eating Habits: Food Away From Home (Washington, DC: USDA, 2018).

50. S. Lebergott, „Labor force and Employment, 1800–1960“, în D.S. Brady, ed., Output, Employment, and Productivity in the United States After 1800 (Cambridge, MA: NBER, 1966), pp. 117–204.

51. Smil, Growth, pp. 122–124.

52. Pentru conținutul de azot al multor tipuri de deșeuri organice, vezi Smil, Enriching the Earth, anexa B, pp. 234–236. Pentru conținutul de azot al fertilizatoarelor, vezi Yara Fertilizer Industry Handbook 2018, https://www.yara.com/siteassets/investors/057-reports-and-presentations/other/2018/fertilizer-industry-handbook-2018-with-notes.pdf/.

53. Am calculat fluxurile mondiale de azot în producția agricolă pentru mijlocul anilor 1990 (V. Smil, „Nitrogen in crop production: An account of global flows“, Global Biogeochemical Cycles 13 (1999), pp. 647–662) și am folosit cele mai noi date disponibile privind recoltele și șeptelurile în pregătirea unei versiuni actualizate pentru 2020.

54. C.M. Long et al., „Use of manure nutrients from concentrated animal feeding operations“, Journal of Great Lakes Research 44 (2018), pp. 245–252.

55. X. Ji et al., „Antibiotic resistance gene abundances associated with antibiotics and heavy metals in animal manures and agricultural soils adjacent to feedlots in Shanghai, China“, Journal of Hazardous Materials 235–236 (2012), pp. 178–185.

56. FAO, Nitrogen Inputs to Agricultural Soils from Livestock Manure: New Statistics (Rome: FAO, 2018).

57. Amoniacul volatilizat reprezintă de asemenea un pericol pentru sănătatea umană: reacția sa cu compușii acizi din atmosferă formează particule fine care provoacă boli pulmonare, iar amoniacul depozitat pe uscat sau în apă poate cauza încărcături excesive de azot: S.G. Sommer et al., „New emission factors for calculation of ammonia volatilization from European livestock manure management systems“, Frontiers in Sustainable Food Systems 3 (noiembrie 2019).

58. Pentru gamele tipice ale biofixării realizate de culturile de acoperire (leguminoase), vezi Smil, Enriching the Earth, anexa C, p. 237. Cantitățile medii de azot aplicate principalelor culturi agricole din SUA sunt disponibile la: US Department of Agriculture, Fertilizer Use and Price, https://www.ers.usda.gov/data-products/fertilizer-use-and-price.aspx. Declinul producției de leguminoase este documentat la http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS.

59. Producțiile medii recente la nivel mondial au fost de circa 4,6 t/ha pentru orez și 3,5 t/ha pentru grâu — și 2,7 t/ha pentru soia și doar 1,1 t/ha pentru linte. Decalajele de producție sunt mult mai mari în China: 7 t/ha pentru orez și 5,4 t/ha pentru grâu, în comparație cu 1,8 t/ha pentru soia și 3,7 t/ha pentru arahide (cealaltă leguminoasă preferată în China). Date de pe site-ul: http://www.fao.org/faostat/en/#data.

60. Culturile duble înseamnă fie să crești același tip de cultură în succesiune în cursul aceluiași an (așa se întâmplă frecvent cu orezul în China), fie să cultivi leguminoase după cereale (de exemplu, rotația arahide/grâu răspândită în Câmpia de Nord a Chinei).

61. S.-J. Jeong et al., „Effects of double cropping on summer climate of the North China Plain and neighbouring regions“, Nature Climate Change 4/7 (2014), pp. 615–619; C. Yan et al., „Plastic-film mulch in Chinese agriculture: Importance and problem“, World Agriculture 4/2 (2014), pp. 32–36.

62. Pentru numărul de oameni care pot fi hrăniți pe unitate de suprafață de teren agricol, vezi Smil, Enriching the Earth.

63. Aportul mediu zilnic pentru toți americanii cu vârsta de peste doi ani este de circa 2 100 kcal, în vreme ce cantitatea medie disponibilă pe cap de locuitor este de 3 600 kcal, o diferență de peste 70%! Decalaje similare se regăsesc în majoritatea țărilor din UE, iar dintre țările bogate doar producția din Japonia este mult mai apropiată de consumul efectiv (circa 2 700 față de 2 000 kcal/zi).

64. FAO, Global Initiative on Good Loss and Waste Reduction (Roma: FAO, 2014).

65. WRAP, Household food waste: Restated data for 2007–2015 (2018).

66. USDA, „Food Availability (Per Capita) Data System“, https://www.ers.usda.gov/data-products/food-availability-per-capita-data-system/.

67. În prezent, producția zilnică medie de hrană din China este de circa 3 200 kcal/cap de locuitor, față de media japoneză de circa 2 700 kcal/cap de locuitor. În legătură cu irosirea hranei în China, vezi H. Fiu, „Food wasted in China could feed 30–50 million: Report“, China Daily (martie 2018).

68. O familie obișnuită din SUA cheltuiește în prezent doar 9,7% din venitul

disponibil pe mâncare; mediile europene se situează între 7,8% în Marea Britanie și 27,8% în România: Eurostat, „How much are households spending on food?“ (2019).

69. C.B. Stanford și H.T. Bunn, editori, Meat-Eating and Human Evolution (New York: Oxford University Press, 2001); Smil, Should We Eat Meat?

70. Pentru speciile carnivore de cimpanzei comuni, vezi C. Boesch, „Chimpanzees — red colobus: A predator-prey system“, Animal Behaviour 47 (1994), pp. 1135–1148; C.B. Stanford, The Hunting Apes: Meat Eating and the Origins of Human Behavior (Princeton: Princeton University Press, 1999). Pentru carnivorele din rândurile cimpanzeilor pitici bonobo, G. Hohmann și B. Fruth, „Capture and meat eating by bonobos at Lui Kotale, Salonga National Park, Democratic Republic of Congo“, Folia Primatologica 79/2 (2008), pp. 103—110.

71. Statisticile istorice detaliate documentează această tendință în Japonia. În 1900, elevii de 17 ani aveau în medie o înălțime de 157,9 cm; în 1939, media era de 162,5 cm (o creștere de 1,1 mm/an); penuriile alimentare din timpul războiului și de după război au scăzut media la 160,6 cm în 1948; dar în anul 2000 nutriția mai bună a crescut valoarea la 170,8 cm (creștere de circa 0,2 mm/an): Statistics Bureau, Japan, Historical Statistics of Japan (Tokyo: Statistics Bureau, 1996).

72. Z. Hrynowski, „What percentage of Americans are vegetarians?“ Gallup (septembrie 2019), https://news.gallup.com/poll/267074/percentage-americans-vegetarian.aspx.

73. Rezerva anuală de carne pe cap de locuitor (greutate în carcasă) se găsește la: http:// www.lao.org/faostat/en/#data/FBS.

74. Pentru detalii privind schimbarea obiceiurilor legate de consumul cărnii în Franța, vezi C. Duchene et al., La consommation de viande en France (Paris: CIV, 2017).

75. Uniunea Europeană folosește în prezent circa 60% din producția totală de cereale (grâu, porumb, orz, ovăz și secară) pentru hrană: USDA, Grain and Feed Annual 2020.

76. Bazat pe mediile rezervelor de carne pe cap de locuitor (greutate în carcasă):

http:// www.fao.org/faostat/en/#data/FBS.

77. L. Lassaletta et al., „50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland“, Environmental Research Letters 9 (2014), 105011.

78. J. Guo et al., „The rice production practices of high yield and high nitrogen use efficiency in Jiangsu“, Nature Scientific Reports 7 (2016), article 2101.

79. Prototipul demonstrativ de tractor electric construit de John Deere, unul dintre principalii producători de tractoare din lume, nu are baterii. Este acționat prin intermediul unui cablu electric lung de un kilometru, înfășurat pe o rolă atașată, o soluție universală interesantă, dar deloc convenabilă: https://enrg.io/john-deere-electric-tractor-everything-you-need-toknow/.

80. M. Rosenblueth et al., „Nitrogen fixation in cereals“, Frontiers in Microbiology 9 (2018), p. 1794; D. Dent și E. Cocking, „Establishing symbiotic nitrogen fixation in cereals and other non-legume crops: The Greener Nitrogen Revolution“, Agriculture & Food Security 6 (2017), p. 7.

81. H.T. Odum, Environment, Power, and Society (New York: Wiley-Interscience, 1971), pp. 115–116.

3. Să înțelegem lumea noastră materială: Cei patru piloni ai civilizației

1. Primul produs comercial în care s-au folosit tranzistori a fost un aparat de radio Sony, în 1954; compania Intel a lansat în 1971 primul microprocesor denumit 4004; primul computer personal folosit pe scară largă a fost Apple II, lansat în 1977, urmat de IBM PC în 1981, iar IBM a lansat în 1992 primul telefon inteligent.

2. P. Van Zant, Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing (New York: McGraw-EIill Education, 2014). Pentru costuri energetice, vezi M. Schmidt et al., „Life cycle assessment of silicon wafer

processing for microelectronic chips and solar cells“, International Journal of Life Cycle Assessment 17 (2012), pp. 126–144.

3. Semiconductor and Materials International, „Silicon shipment statistics“ (2020), https://www.semi.org/en/products-services/ market-data/materials/si-shipment-statistics.

4. V. Smil, Making the Modern World: Materials and Dematerialization (Chichester: John Wiley, 2014); Smil, „What we need to know about the pace of decarbonization.“ Pentru mai multe informații privind costurile energetice ale materialelor, vezi T.G. Gutowski et al., „The energy required to produce materials: constraints on energy-intensity improvements, parameters of demand“, Philosophical Transactions of the Royal Society A 371 (2013), 20120003.

5. Totalurile anuale ale producțiilor naționale și mondiale pentru toate mineralele metalice și nemetalice importante din punct de vedere comercial sunt disponibile în actualizările obișnuite publicate de US Geological Survey. Cea mai nouă ediție este: US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2020, https://pubs.usgs.gov/peri0dicals/mcs2020/mcs2020.pdf.

6. J.P. Morgan, Mountains and Molehills: Achievements and Distractions on the Road to Decarbonization (New York: J.P. Morgan Private Bank, 2019).

7. Acestea sunt calculele mele aproximative, bazate pe o producție anuală de 1,8 Gt de oțel, 4,5 Gt de ciment, 150 Mt de NH3 și 370 Mt de materiale plastice.

8. Smil, „What we need to know about the pace of decarbonization.“ Pentru o viziune optimistă privind posibilitățile de decarbonizare ale sectoarelor mai greu de „îmblânzit“, vezi Energy Transitions Commission, Mission Possible.

9. M. Appl, Ammonia: Principles & Industrial Practice (Weinheirn: Wiley-VCH, 1999); Smil, Enriching the Earth.

10. Science History Institute, „Roy J. Plunkett“, https://www. sciencehistory.org/historical-profile/roy-j-plunkett.

11. Pentru detalii, vezi V. Smil, Grand Transitions: How the Modern World Was Made (New York: Oxford University Press, 2021)

12. Pentru istoria schimbărilor în utilizarea solului la nivel mondial, vezi HYDE, History Database of the Global Environment (2010), http://themasites.pbl.nl/en/themasites/hyde/index.html.

13. Florida și Carolina de Nord continuă să producă peste 75% din fosfatul de rocă din America, care acum reprezintă circa 10% din producția mondială: USGS, „Phosphaterock“ (2020), https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-phosphate.pdf.

14. Smil, Enriching the Earth, pp. 39–48.

15. W. Crookes, The Wheat Problem (London: John Murray, 1899), pp. 45–46.

16. Pentru precursorii descoperirii lui Haber și pentru descrieri detaliate ale experimentelor sale de laborator, vezi Smil, Enriching the Earth, pp. 61–80.

17. Pentru viața și opera lui Carl Bosch, vezi K. Holdermann, Im Banne der Chemie: Carl Bosch Leben und Werk (Düsseldorf: Econ-Verlag, 1954).

18. La acea dată, cota parte a îngrășămintelor azotoase anorganice din rezervele agricole ale Chinei nu depășea 2%: Smil, Enriching the Earth, p. 250.

19. V. Pattabathula și J. Richardson, „Introduction to ammonia production“, CEP (septembrie 2016), pp. 69–75; T. Brown, „Ammonia technology portfolio: optimize for energy efficiency and carbon efficiency“, Ammonia Industry (2018); V.S. Marakatti și E.M. Giagneaux, „Recent advances in heterogeneous catalysis for ammonia synthesis“, ChemCatChem (2020).

20. V. Smil, Ckina’s Past, China's Future: Energy, Pood, Environment (London: RoutledgeCurzon, 2004), pp. 72–86.

21. Pentru detalii privind procesul de obținere a amoniacului al lui M.W. Kellogg, vezi Smil, Enriching the Earth, pp. 122–130.

22. FAO, http://www.fao.org/faostat/en/#search/Food%20supply%20kcal%2Fcapita%2Fday.

23. L. Ma et al., „Modelling nutrient flows in the food chain of China“, Journal of Environmental Quality 39/4 (2010), pp. 1279–1289. Cota parte a Indiei este și ea la fel de mare: H. Pathak et al., „Nitrogen, phosphorus, and potassium in

Indian agriculture“, Nutrient Cycling in Agroecosystems 86 (2010), pp. 287–299.

24. Întotdeauna mă amuză să văd încă o listă cu cele mai importante (sau mai mari) invenții moderne cuprinzând computere, reactoare nucleare, tranzistoare sau automobile… din care lipsește, ca de fiecare dată, sinteza amoniacului!

25. Consumul anual de carne pe cap de locuitor (greutate în carcasă) este un bun indicator al acestor diferențe: mediile recente au fost de circa 120 kg în SUA, 60 kg în China și doar 4 kg în India: http:// www.fao.org/faostat/en/#data/FBS.

26. Puterea amoniacului de eliminare a petelor îl face un ingredient preferat. Windex, cel mai răspândit lichid nord-american de curățare a geamurilor, conține 5% NH_3.

27. J. Sawyer, „Understanding anhydrous ammonia application in soil“ (2019), https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2019/03/understanding-anhydrous-ammonia-application-soil.

28. Yara Fertilizer Industry Handbook.

29. Asia de Est și de Sud (dominate, respectiv, de China și India) consumă acum puțin peste 60% din toată cantitatea de uree: Nutrien, Fact Book 2019, https://www.nutrien.com/sites/default/files/uploads/2019-05/Nutrien%2oFact%2oBook%2020i9.pdf.

30. Media absorbției de către culturi a azotului aplicat la nivel mondial (randamentul de utilizare a îngrășămintelor) a scăzut între 1961 și 1980 (de la 68% la 45%), iar de atunci s-a stabilizat în jurul valorii de 47%: L. Lassaletta et al., „50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland“, Environmental Research Letters 9 (2014), 105011.

31. J.E. Addicott, The Precision Farming Revolution: Global Drivers of Local Agricultural Methods (London: Palgrave Macmillan, 2020).

32. Calculate din datele obținute de la: http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFN.

33. În Europa se aplică în prezent de 3,5 ori mai mult azot pe hectarul de teren cultivat decât în Africa, iar diferențele dintre terenurile cel mai intens fertilizate

din UE și cele mai sărace terenuri agricole din Africa sub-sahariană sunt de peste zece ori: http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFN.

34. Unele reacții comune de polimerizare — procese de transformare a moleculelor mai simple (monomeri) în rețele tridimensionale formate din lanțuri mai lungi — necesită doar o masă cu puțin mai mare decât inputul inițial: 1,03 unități de etilenă sunt necesare pentru a obține 1 unitate de polietilenă de densitate joasă (care este cel mai mult folosită în fabricarea pungilor din plastic), și același raport se aplică la transformarea clorurii de vinil în policlorură de vinil (PVC, folosită pe larg la produsele de îngrijire a sănătății). P. Sharpe, „Making plastics: from monomer to polymer“, CEP (septembrie 2015).

35. M.W. Ryberg et al., Mapping of Global Plastics Value Chain and Plastics Losses to the Environment (Paris: UNEP, 2018).

36. The Engineering Toolbox, „Young’s Modulus — Tensile and Yield Strength for Common Materials“ (2020), https://www.engineering toolbox.com/young-modulus-d_417.html.

37. Boeing 787 a fost primul avion de linie construit în mare parte din materiale compozite. După volum, acestea reprezintă 87% din avion, iar după greutate, 50%, restul fiind 20% aluminiu, 15% titan și 10% oțel: J. Hale, „Boeing 787 from the ground up“, Boeing AERO 24 (2006), pp. 16–23.

38. W.E. Bijker, Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change (Cambridge, MA: The MIT Press, 1995).

39. S. Mossman, ed., Early Plastics: Perspectives, 1850–1950 (London: Science Museum, 1997); S. Fenichell, Plastic: The Making of a Synthetic Century (New York: HarperBusiness, 1996); R. Marchelli, The Civilization of Plastics: Evolution of an Industry Which has Changed the World (Pont Canavese: Sandretto Museum, 1996).

40. N.A. Barber, Polyethylene Terephthalate: Uses, Properties and Degradation (Haupaugge, NY: Nova Science Publishers, 2017).

41. P.A. Ndiaye, Nylon and Bombs: DuPont and the March of Modern America (Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2006).

42. R. Geyer et al., „Production, use, and fate of all plastic ever made“, Science

Advances 3 (2017), 01700782.

43. Și nu doar toate tipurile de obiecte mici din plastic. Podele, pereți despărțitori, plăci pentru tavan, uși și rame de ferestre pot fi și ele din plastic.

44. O analiză cuprinzătoare a penuriilor de EPP din SUA: S. Gondi et al., „Personal protective equipment needs in the USA during the COVID-19 pandemic“, The Lancet 390 (2020), 090–091. Iar aici este doar una dintre zecile de relatări din media: Z. Schlanger, „Begging for Thermometers, Body Bags, and Gowns: U.S. Health Care Workers Are Dangerously Ill-Equipped to Fight COVID- 19“, Time (20 aprilie 2020). Pentru o perspectivă la nivel mondial, vezi World Health Organization, „Shortage of personal protective equipment endangering health workers worldwide“ (3 martie 2020).

45. C.E. Wilkes și M.T. Berard, PVC Handbook (Cincinnati, OH: Hanser, 2005).

46. M. Eriksen et al., „Plastic pollution in the world's oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea“, PLoS ONE 9/12 (2014) e111913. Iar aici ni se explică de ce majoritatea lor nu este din plastic: G. Suaria et al., „Microfibers in oceanic surface waters: A global characterization“, Science Advances 6/23 (2020).

47. Grafice și tabele elementare care centralizează clasificarea oțelurilor și fontelor sunt disponibile la: https://www.mah.se/upload/upload/steel%20and%20cast%20iron.pdf.

48. Pentru o istorie cuprinzătoare a fontei brute, vezi V. Smil, Still the Iron Age: Iron and Steel in the Modern World (Amsterdam: Elsevier, 2016), pp. 19–31.

49. Pentru detalii privind modurile premoderne de producere a oțelului în Japonia, China, India și Europa, vezi Smil, Still the Iron Age, pp. 12–17.

50. Rezistențele la compresiune ale granitului și oțelului sunt de până la 250 de milioane de pascali (MPa), dar rezistența la tracțiune a granitului nu depășește 25 MPa, față de 350 — 750 MPa pentru oțelurile folosite în construcții: Cambridge University Engineering Department, Materials Data Book (2003), http://www-mdp.eng.cam.ac.uk/web/lihrary/enginfo/cueddatabooks/materials.pdf.

51. Pentru o prezentare detaliată, vezi J.E. Bringas, ed., Handbook of

Comparative World Steel Standards (West Conshohocken, PA: ASTM International, 2004).

52. M. Cobb, The History of Stainless Steel (Materials Park, OH: ASM International, 2010).

53. Council on Tall Buildings and Human Habitat, „Burj Khalifa“ (2020), http://www.skyscrapercenter.com/building/burj-khalifa/3.

54. The Forth Bridges, „Three bridges spanning three centuries“ (2020), https://www.theforthbridges.org/.

55. D. MacDonald și I. Nadel, Golden Gate Bridge: History and Design of an Icon (San Francisco: Chronicle Books, 2008).

56. „Introduction of Akashi-Kaikyō Bridge“, Bridge World (2005), https://www.jb-honshi.co.jp/english/bridgeworld/bridge.html.

57. J.G. Speight, Handbook of Offshore Oil and Gas Operations (Amsterdam: Elsevier, 2011).

58. Smil, Making the Modern World, p. 61.

59. World Steel Association, „Steel in Automotive“ (2020), https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/steel-markets/automotive.html.

60. International Association of Motor Vehicle Manufacturers, „Production Statistics“ (2020), http://www.oica.net/production- statistics/.

61. Nippon Steel Corporation, „Rails“ (2019), https://www.nippon-steel.com/product/catalog_download/pdf/K003en.pdf.

62. Pentru istoria navelor container, vezi V. Smil, Prime Movers of Globalization (Cambridge, MA: MIT Press, 2010), pp. 180–194.

63. U.S. Bureau of Transportation Statistics, „U.S. oil and gas pipelinemileage“(202o), https://www.bts.gov/content/us-oil-and-gas-pipeline-mileage.

64. Tancurile de luptă sunt cele mai grele arme din oțel folosite pe o scară largă

de armatele moderne: versiunea cea mai mare a tancului american M1 Abrams (făcut aproape în întregime din oțel) cântărește 66,8 tone.

65. D. Alfe et al., „Temperature and composition of the Earth's core“, Contemporary Physics 48/2 (2007), pp. 63–68.

66. Sandatlas, „Composition of the crust“ (2020), https://www.sandatlas.org/composition-of-the-earths-crust/.

67. US Geological Survey, „Iron ore“ (2020), https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-iron-ore.pdf.

68. A.T. Jones, Electric Arc Furnace Steelmaking (Washington, DC: American Iron and Steel Institute, 2008).

69. Un CAE care consumă doar 340 kWh/tona de oțel are o putere de 125–130 MW, iar funcționarea sa zilnică (40 de șarje de câte 120 t) va avea nevoie de 1,63 GWh de electricitate. Folosind media anuală a consumului de electricitate din gospodăriile americane de circa 29 kWh/zi și o dimensiune medie a gospodăriei de 1,52 oameni, aceasta ar însemna un echivalent de circa 56 000 de gospodării sau 141 000 de oameni.

70. „Alang, Gujarat: The World's Biggest Ship Breaking Yard & A Dangerous Environmental Time Bomb“, Marine Insight (martie 2019), https://www.marineinsight.com/environment/alang-gujarat-the-world's-biggest-ship-breaking-yard-a-dangerous-environmental- time-bomb/. În martie 2020, o imagine din satelit arăta peste 70 de vase și utilaje de forare în diferite etape de dezmembrare pe plajele Alang, între P. Rajesh Shipbreaking la extremitatea sudică și Rajendra Shipbreakers, la circa 10 km spre nord-vest.

71. Concrete Reinforcing Steel Institute, „Recycled materials“ (2020), https: //www.crsi.org/index. cfm/architecture/recycling.

72. Bureau of International Recycling, World Steel Recycling in Figures 2014—2018 (Brussels: Bureau of International Recycling, 2019).

73. World Steel Association, Steel in Figures 2019 (Bruxelles: World Steel Association, 2019).

74. Pentru varianta lungă a istoriei furnalelor, vezi Smil, Still the Iron Age.

Pentru construcția și funcționarea furnalelor moderne, vezi M. Geerdes et al., Modem Blast Furnace Ironmaking (Amsterdam: IOS Press, 2009); I. Cameron et al., Blast Furnace Ironmaking (Amsterdam: Elsevier, 2019).

75. Inventarea și răspândirea furnalelor cu oxigen bazic este urmărită în W. Adams și J.B. Dirlam, „Big steel, invention, and innovation“, Quarterly Journal of Economics 80 (1966), pp. 167–189; T.W. Miller et al., „Oxygen steelmaking processes“, în D.A. Wakelin, ed., The Making, Shaping and Treating of Steel: Ironmaking Volume (Pittsburgh, PA: The AISE Foundation, 1998), pp. 475–524; J. Stubbles, „EAF steelmaking — past, present and future“, Direct from MIDRFX 3 (2000), pp. 3–4.

76. World Steel Association, „Energy use in the steel industry“ (2019), https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:f07b864c-908e-4229-9f92-669f1c3abf4c/fact_energy_2019.pdf.

77. Pentru tendințe istorice, vezi Smil, Still the Iron Age; U S Energy Information Administration, „Changes in steel production reduce energy intensity“ (2016), https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=27292.

78. World Steel Association, Steel’s Contribution to a Low Carbon Future and Climate Resilient Societies (Brussels: World Steel Association, 2020); H. Fie et al., „Assessment on the energy How and carbon emissions of integrated steelmaking plants“, Energy Reports 3 (2017), pp. 29–36.

79. J.P. Saxena, The Rotary Cement Kiln: 'Total Productive Maintenance, Techniques and Management (Boca Raton, FL: CRC Press, 2009).

80. V. Smil, „Concrete facts“, Spectrum IEEE (martie 2020), pp. 20–21; National Concrete Ready Mix Associations, Concrete CO, Fact Sheet (2008).

81. F.-J. Ulm, „Innovationspotenzial Beton: Von Atomen zur Grünen Infrastruktur“, Beton- und Stahlbetonbauer 107 (2012), pp. 504–509.

82. Clădirile moderne din lemn au devenit mai înalte, dar nu folosesc cherestea simplă, ci un tip mult mai rezistent, cherestea laminată transversal (CLT), un material prefabricat brevetat realizat din mai multe straturi (3, 5, 7 sau 9) de cherestea uscată în cuptor, prelucrate și lipite între ele: https://cwc.ca/how-to-build-with-wood/wood-products/mass-timber/cross-laminated-timber-clt/. În 2020, cea mai înaltă clădire din CLT (85,4 m) era Mjøstårnet realizată de Voll

Arkitekter în Brumunddal, Norvegia, o construcție cu destinații multiple (apartamente, un hotel, birouri, un restaurant, o piscină) definitivată în 2019: https://www.dezeen.com/2019/03/19/mjøstårne-worlds-tallest-timber-tower-voll-arkitekter-norway/.

83. F. Lucchini, Pantheon — Monumenti dell’ Architettura (Roma: Nuova Italia Scientifica, 1966).

84. A.J. Francis, The Cement Industry, 1796–1914: A History (Newton Abbot: David and Charles, 1978).

85. Smil, „Concrete facts.“

86. J.-L. Bosc, Joseph Monier et la naissance du ciment armé (Paris: Editions du Linteau, 2001); F. Newby, ed., Early Reinforced Concrete (Burlington, VT: Ashgate, 2001).

87. American Society of Civil Engineers, „Ingalls building“ (2020), https://www.asce.org/project/ingalls-building/; M.M. Ali, „Evolution of Concrete Skyscrapers: from Ingalls to Jin Mao“, Electronic Journal of Structural Engineering 1 (2001), pp. 2–14.

88. M. Peterson, „Thomas Edison’s Concrete Houses“, Invention & Technology 11/3 (1996), pp. 50–56.

89. D.P. Billington, Robert Maillart and the Art of Reinforced Concrete (Cambridge, MA: MIT Press, 1990).

90. B.B. Pfeiffer și D. Larkin, Frank Lloyd Wright: 'The Masterworks (New York: Rizzoli, 1993).

91. E. Freyssinet, Un amour sans limite (Paris: Editions du Linteau, I993).

92. Sydney Opera House: Utzon Design Principles (Sydney: Sydney Opera House, 2002).

93. History of Bridges, „The World’s Longest Bridge — Danyang-Kunshan Grand Bridge“ (2020), http://www.historyofbridges.com/famous-bridges/longest-bridge-in-the-world/.

94. US Geological Survey, „Materials in Use in U.S. Interstate Highways“ (2006), https://pubs.usgs.gov/fs/2006/3127/2006-3127.pdf.

95. Associated Engineering, „New runway and tunnel open skies and roads at Calgary International Airport“ (iunie 2015).

96. Dintre numeroasele cărți despre Barajul Hoover, se remarcă relatările martorilor oculari din lucrarea următoare: A.J. Dunar și D. McBride, Building Hoover Dam: An Oral History of the Great Depression (Las Vegas: University of Nevada Press, 2016).

97. Power Technology, „Three Gorges Dam Hydro Electric Power Plant, China“ (2020), https://www.power-technology.com/projects/gorges/.

98. Date privind producția, comercializarea și consumul de ciment în SUA sunt disponibile în rapoartele publicate de US Geological Survey. Ediția din 2020: US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2020, https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs202o/mcs2020.pdf.

99. La un nivel de 320 de milioane de tone, producția din 2019 a Indiei, al doilea mare producător al lumii, este de doar 15% din totalul chinez: USGS, „Cement“ (2020), https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-cement.pdf.

100. N. Delatte, ed., Failure, Distress and Repair of Concrete Structures (Cambridge: Woodhead Publishing, 2009).

101. D.R. Wilburn și T. Goonan, Aggregates from Natural and Recycled Sources (Washington, DC: USGS, 2013).

102. American Society of Civil Engineers, 2017 Infrastructure Report Card, https://www.infrastructurereportcard.org/.

103. C. Kenny, „Paving Paradise“, Foreign Policy (ian/feb 2012), pp. 31–32.

104. Printre construcțiile din beton abandonate în toată lumea se numără acum aproape toate tipurile de clădiri, de la baze de submarine nucleare la reactoare nucleare (fiecare dintre acestea se pot găsi în Ucraina), și de la gări feroviare la mari stadioane sportive, teatre și monumente.

105. Calculate din datele oficiale publicate în China, în China Statistical

Yearbook. Cea mai nouă ediție este disponibilă la: http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexeh.htm.

106. M.P. Mills, Mines, Minerals, and „Green“ Energy: A Reality Check (New York: Manhattan Institute, 2020).

107. V. Smil, „What I see when I see a wind turbine“, IEEE Spectrum (martie 2016), p. 27.

108. H. Berg și M. Zackrisson, „Perspectives on environmental and cost assessment of lithium metal negative electrodes in electric vehicle traction batteries“, Journal of Power Sources 415 (2019), pp. 83–90; M. Azevedo et al., Lithium and Cohalt: A Tale of Two Commodities (New York: McKinsey & Company, 2018).

109. C. Xu et al., „Future material demand for automotive lithium- based batteries“, Communications Materials I (2020), p. 99.

4. Să înțelegem globalizarea: Motoare, microcipuiri și dincolo de acestea

1. Pentru originile părților componente ale iPhone-urilor, vezi „Here’s where all the components of your iPhone come from“, Business Insider, https://i.insider.com/570d5092dd089568298b4978; și vezi părțile reale la: „iPhone 11 Pro Max Teardown“, iFixit (septembrie 2019), https://www.ifixit.com/Teardown/iPhone+11+Pro+Max+Teardown/126000.

2. În anul universitar 218/2019 s-au înscris în universitățile și colegiile americane aproape 1,1 milioane de studenți străini, reprezentând 5,5% din total și contribuind cu 44,7 miliarde de dolari la economia SUA: Open Doors 2019 Data Release, https://opendoors- data.org/annual-release/.

3. Nimic nu redă mai bine neajunsurile supraturismului de dinainte de COVID ca imaginile principalelor destinații turistice luate cu asalt de mase de oameni: faceți o căutare după termenul „overtourism“ și dați click pe Imagini.

4. World Trade Organization, Highlights of World Trade (2019), https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2019_e/wts2019 chapter02_e.pdf.

5. World Bank, „Foreign direct investment, net inflows“ (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/BX.KLT.DINV.CD.WD; A. Debnath și S. Barton, „Global currency trading surges to $6.6 trillion-a-day market“, GARP (septembrie 2019), https://www.garp.org/#!/risk-intelligence/all/all/a1Z1W000003mKKPUA2.

6. V. Smil, „Data world: Racing toward yotta“, IEEE Spectrum (iulie 2019), p. 20. Pentru detalii privind submultiplii unităților, vezi Anexa.

7. Peterson Institute for International Economics, „What is globalization?“ (accesat în 2020), https://www.piie.com/microsites/globalization/what-is-globalization.

8. W.J. Clinton, Public Papers of the Presidents of the United States: William J. Clinton, 2000–2001 (Best Books, 2000).

9. World Bank, „Foreign direct investment, net inflows.“

10. În mod evident, lipsa libertăților personale sau nivelurile ridicate ale corupției nu sunt obstacole în calea influxurilor mari de investiții. Scorul Chinei la capitolul libertate este de 10, iar al Indiei este 71 dintr-un maximum posibil de 100 (al Canadei este 98), iar China împarte primul loc cu India pe indicele de percepție al corupției (80, în comparație cu 3 al Finlandei): Freedom House, „Countries and territories“ (accesat 2020), https://freedomhouse.org/countries/freedom-world/scores; Transparency International, „Corruption perception index“ (accesat 2020), https://www.transparency.org/en/cpi/2020/index/nzl.

11. G. Wu, „Ending poverty in China: What explains great poverty reduction and a simultaneous increase in inequality in rural areas?“ World Bank Blogs (octombrie 2016), https://blogs.worldbank.org/eastasiapacific/ending-poverty-in-china-what-explains-great-poverty-reduction-and-a-simultaneous-increase-in-inequality-in-rural-areas.

12. Iată doar o mică selecție a unora dintre contribuțiile notabile: J.E. Stieglitz, Globalization and Its Discontents (New York: W.W. Norton, 2003); G. Buckman, Globalization: Tame It or Scrap It?: Mapping the Alternatives of the

Anti-Globalization Movement (London: Zed Books, 2004); M. Wolf, Why Globalization Works (New Haven, CT: Yale University Press, 2005); P. Marher, „Globalization and its contents“, World Policy Journal 21 (2004), pp. 29–37; J. Bhagvati, In Defense of Globalization (Oxford: Oxford University Press, 2007); J. Miskiewicz și M. Ausloos, „Has the world economy reached its globalization limit?“ Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 389 (2009), pp. 797–806; L.J. Brahm, The Anti-Globalization Breakfast Club: Manifesto for a Peaceful Revolution (Chichester: John Wiley, 2009); D. Rodrik, The Globalization Paradox: Democracy and the Future of the World Economy (New York: W.W. Norton, 2011); R. Baldwin, The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization (Cambridge, MA: Belknap Press, 2016).

13. J. Yellin et al., „New evidence on prehistoric trade routes: The obsidian evidence from Gilat, Israel“, Journal of Field Archaeology 23 (2013), pp. 361–368.

14. Cassius Dio, Romaika LXVIII:29: „Apoi s-a apropiat de ocean și, când i-a aflat natura și a văzut o corabie navigând spre Indii, a spus: «Neîndoielnic că aș fi plecat și eu spre Indii, dacă aș mai fi fost tânăr». Căci a început să se gândească la Indii și era curios cu privire la treburile lor, iar pe Alexandru îl considera un norocos“.

15. V. Smil, Why America is Not a New Rome (Cambridge, MA: MIT Press, 2008).

16. J. Keay, The Honourable Company: A History of the English East India Company (London: Macmillan, 1994); F.S. Gaastra, The Dutch East India Company (Zutpen: Walburg Press, 2007).

17. Cu încărcături grele (50 — 79 kg) și în relief muntos, cărăușii nu puteau parcurge mai mult de 9 — 11 km pe zi; cu sarcini mai ușoare (35 — 40 kg), aceștia puteau parcurge până la 24 km pe zi, aceeași distanță ca și caravanele cu cai: N. Kim, Mountain Rivers, Mountain Roads: Transport in Southwest China, 1700–1850 (Leiden: Brill, 2020), p. 559.

18. J.R. Bruijn et al., Dutch-Asiatic Shipping in the 17th and 18th Centuries (The Hague: Martinus Nijhoff, 1987).

19. J. Lucassen, „A multinational and its labor force: The Dutch East India Company, 1595–1795“, International Labor and Working-Class History 66

(2004), pp. 12–39.

20. C. Mukerji, From Graven Images: Patterns of Modern Materialism (New York: Columbia University Press, 1983).

21. W. Franits, Dutch Seventeenth-Century Genre Painting (New Haven, CT: Yale University Press, 2004); D. Shawe-Taylor și Q. Buvelot, Masters of the Everyday: Dutch Artists in the Age of Vermeer (London: Royal Collection Trust, 2015).

22. W. Fock, „Semblance or Reality? The Domestic Interior in Seventeenth-Century Dutch Genre Painting“, în M. Westermann, ed., Art & Home: Dutch Interiors in the Age of Rembrandt (Zwolle: Waanders, 2001), pp. 83–101.

23. J. de Vries, „Luxury in the Dutch Golden Age in theory and practice“, în M. Berg și E. Eger, editori, Luxury in the Eighteenth Century (London: Palgrave Macmillan, 2003), pp. 41–56.

24. D. Hondius, „Black Africans in seventeenth century Amsterdam“, Renaissance and Reformation 31 (2008), pp. 87–105; T. Moritake, „Netherlands and tea“, World Green Tea Association (2020), http://www.o-cha.net/english/teacha/history/netherlands.html.

25. A. Maddison, „Dutch income in and from Indonesia 1700–1938“, Modern Asia Studies 23 (1989), pp. 645–670.

26. R.T. Gould, Marine Chronometer: Its History and Developments (New York: ACC Art Books, 2013).

27. C.K. Harley, „British shipbuilding and merchant shipping: 1850-1890Journal of Economic History 30/1 (1970), pp. 262–266.

28. R. Knauerhase, „The compound steam engine and productivity: Changes in the German merchant marine fleet, 1871—1887“, Journal of Economic History 28/3 (1958), pp. 390–403.

29. C.L. Harley, „Steers afloat: The North Atlantic meat trade, liner predominance, and freight rates, 1870–1913“, Journal of Economic History 68/4 (2008), pp. 1028–1058.

30. Pentru istoria telegrafului, vezi F.B. Jewett, 100 Years of Electrical Communication in the United States (New York: American Telephone and Telegraph, 1944); D. Flochfelder, The Telegraph in America, 1832–1920 (Baltimore, MD: Johns Flopkins University Press, 2013); R. Wenzlhuemer, Connecting the Nineteenth-Century World. The Telegraph and Globalization (Cambridge: Cambridge University Press, 2012).

31. Pentru istoria timpurie a telefonului, vezi H.N. Casson, The History of the Telephone (Chicago: A.C. McClurg & Company, 1910); E. Garcke, „Telephone“, in Encyclopaedia Britannica, ed. 11, vol. 26 (Cambridge: Cambridge University Press, 1911), pp. 547–557.

32. Smil, Creating the Twentieth Century.

33. G. Federico și A. Tena-Junguito, „World trade, 1800–1938: a new synthesis“, Revista de Historia Economica /Journal of Iberian and Latin America Economic History 37/1 (2019); CEPII, „Databases“, http://www.cepii.fr/CEPII/en/bdd_modele/hdd.asp; M.J. Klasing și P. Milionis, „Quantifying the evolution of world trade, 1870–1949“, Journal of International Economics 92/1 (2014), pp. 185–197. Pentru o istorie a „globalizării aburului“, vezi J. Darwin, Unlocking the World: Port Cities and Globalization in the Age of Steam, 1830–1930 (Londra: Allen Lane, 2020).

34. US Department of Homeland Security, „Total immigrants by decade“, http://teacher.scholastic.com/activities/immigration/pdfs/by_decade/decade_line_

35. Dezvoltarea turismului în sec. XIX este descrisă în P. Smith, The History of Tourism: Thomas Cook and the Origins of Leisure Travel (London: Psychology Press, 1998); E. Zuelow, A History of Modern Tourism (London: Red Globe Press, 2015).

36. Lenin a locuit și călătorit în Europa de Vest (Franța, Elveția, Anglia, Germania și Belgia) și în Polonia austriacă între iulie 1900 și noiembrie 1905 și mai târziu între decembrie 1907 și aprilie 1917: R. Service, Lenin: A Biography (Cambridge, MA: Belknap Press, 2002).

37. Smil, Prime Movers of Globalization.

38. F. Oppel, ed., Early Flight (Secaucus, NJ: Castle, 1987); B. Gunston, Aviation: The First 100 Years (Hauppauge, NY: Barron’s, 2002).

39. M. Raboy, Marconi: The Man Who Networked the World (Oxford: Oxford University Press, 2018); H.G.J. Aitkin, The Continuous Wave: Technology and the American Radio, 1900–1932 (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1985).

40. Smil, Prime Movers of Globalization.

41. J.J. Bogert, „The new oil engines“, The New York Times (26 septembrie 1912), p. 4.

42. E. Davies et al., Douglas DC-3: 60 Years and Counting (Elk Grove, CA: Aero Vintage Books, 1995); M.D. Klaas, Last of the Flying Clippers (Atglen, PA: Schiffer Publishing, 1998); „Pan Am across the Pacific“, Pan Am Clipper Flying Boats (2009), https://www.clipperflyingboats.com/transpacific-airline-service.

43. M. Novak, „What international air travel was like in the 1930s“, Gizmodo (2013), https://paleofuture.gizmodo.com/what-international-air-travel-was-like-in-the-1930s-1471258414.

44. J. Newman, „Titanic: Wireless distress messages sent and received April 14–15, 1912“, Great Ships (2012), https://greatships.net/distress.

45. A.K. Johnston et al., Time and Navigation (Washington, DC: Smithsonian Books, 2015).

46. Pentru un grafic al ratei de adopție a dispozitivelor noi, vezi D. Thompson, „The 100-year march of technology in 1 graph“, The Atlantic (aprilie 2012), https://www.theatlantic.com/technology/archive/2012/04/the- 100-year-march-of-technology-in-1-graph/255573/.

47. V. Smil, Made in the USA: The Rise and Retreat of American Manufacturing (Cambridge, MA: MIT Press, 2013).

48. S. Okita, „Japan’s Economy and the Korean War“, Far Eastern Survey 20 (1951), pp. 141–144.

49. Statistici istorice (naționale și mondiale) privind producțiile de oțel, ciment și amoniac (azot) sunt disponibile la: US Geological Survey, „Commodity statistics and information“, https://www.usgs.gov/centers/nmic/commodity-statistics-and-

information. Pentru producția de plastic, vezi R. Geyer et al., „Production, use, and fate of all plastics ever made“, Science Advances 3/7 (2017), 01700782.

50. R. Solly, 'Tanker: The History and Development of Crude Oil Tankers (Barnsley: Chatham Publishing, 2007).

51. United Nations, World Energy Supplies in Selected Years 1929–1950 (New York: UN, 1952); British Petroleum, Statistical Review of World Energy.

52. P.G. Noble, „A short history of LNG shipping, 1959–2009“, SNAME (2009).

53. M. Levinson, 'The Box (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2006); Smil, Prime Movers of Globalization.

54. Pentru creșterea importurilor și declinul cotei parte a automobilelor produse în Detroit din piața auto americană, vezi Smil, Made in the USA.

55. Compania germană MAN (Maschinenfabrik-Augsburg-Nürnberg) a fost în fruntea progreselor tehnice ale motoarelor diesel de după al Doilea Război Mondial, dar în prezent mașinile cele mai mari sunt proiectate de compania finlandeză Wartsila și fabricate în Asia (Japonia, Coreea de Sud, China): https://www.wartsila.com/marine/build/engines-and-generating-sets/diesel-engines (accesat 2020).

56. Smil, Prime Movers of Globalization, pp. 79–108.

57. G.M. Simons, Comet! The World’s First Jet Airliner (Philadelphia: Casemate, 2019).

58. E.E. Bauer, Boeing: The First Century (Enumclaw, WA: TABA Publishers, 2000); A. Pelletier, Boeing: The Complete Story (Sparkford: Haynes Publishing, 2010).

59. Despre 747 s-au publicat mai multe cărți decât despre oricare altă aeronavă comercială din istorie. J. Sutter și J. Spenser, 747: Creating the World's First Jumbo Jet and Other Adventures from a Life in Aviation (Washington, DC: Smithsonian, 2006). Pentru o analiză din interior, vezi C. Wood, Boeing 747 Owners' Workshop Manual (London: Zenith Press, 2012).

60. „JT9D Engine“, Pratt & Whitney (accesat 2020),

https://prattwhitney.com/products-and-services/products/commercial-engines/jt9d. Pentru detalii privind turboventilatoarele, vezi N. Cumpsty, Jet Propulsion (Cambridge: Cambridge University Press, 2003); A. Linke-Diesinger, Systems oj Commercial Turbofan Engines (Berlin: Springer, 2008).

61. E. Lacitis, „50 years ago, the first 747 took off and changed aviation“, The Seattle Times (februarie 2019).

62. S. McCartney, ENIAC (New York: Walker & Company, 1999).

63. T.R. Reid, The Chip (New York: Random Flouse, 2001); C. Lécuyer și D.C. Brock, Makers of the Microchip (Cambridge: MIT Press, 2010).

64. „The story of the Intel 4044“, Intel (accesat 2020), https://www.intel.com/content/www/us/en/history/museum-story-of-intel-4004.html.

65. World Bank, „Export of goods and services (percentage of GDP)“ (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/ne.exp.gnfs.zs.

66. United Nations, World Economic Survey, 1975 (New York: UN, 1976).

67. S.A. Camarota, Immigrants in the United States, 2000 (Center for Immigration Studies, 2001), https://cis.org/Report/Immigrants- United-States-2000.

68. P. Nolan, China and the Global Business Revolution (London: Palgrave, 2001); L. Brandt et al., editori, China’s Great Transformation (Cambridge: Cambridge University Press, 2008).

69. S. Kotkin, Armageddon Averted: The Soviet Collapse, 1970–2000 (Oxford: Oxford University Press, 2008).

70. C. VanGrasstek, 'The History and the Future of the World Trade Organization (Geneva: WTO, 2013).

71. World Bank, „GDP per capita growth (annual percent)—India“ (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP. PCAP.KD.ZG?locations=IN.

72. World Trade Organization, World Trade Statistical Review 2019 (Geneva:

WTO, 2019),
https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2019_e/wts2019_e.pdf.

73. World Bank, „Trade share (percent of GDP)“ (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/ne.trd.gnfs.zs.

74. World Bank, „Foreign direct investment, net outflows (percent of GDP)“ (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/BM.KLT.DINV.WD.GD.ZS.

75. S. Shulgin et al., „Measuring globalization: Network approach to countries’ global connectivity rates and their evolution in time“, Social Evolution & History 18/1 (2019), pp. 127–138.

76. United Nations Conference on Trade and Development (Conferința ONU pe teme de comerț și dezvoltare), Review of Maritime Transport, 1975 (New York: UNCTAD, 1977); Review of Maritime Transport, 2019 (New York: UNCTAD, 2020); 50 Years of Review of Maritime Transport, 1968–2018 (New York: UNCTAD, 2018).

77. Maersk, „About our group“, https://web.archive.org/web/20071012231026/http://about.maersk.com/en; Mediterranean Shipping Company, „Gülsün Class Ships“ (accesat 2020), https://www.msc.com/tha/about-us/new-ships.

78. International Air Transport Association, World Air Transport Statistics (Montreal: IATA, 2019), și volumele din trecut ale acestei publicații anuale.

79. World Tourism Organization, „Tourism statistics“ (accesat 2020), https://www.e-unwto.org/toc/unwtotfb/current.

80. K. Koens et al., Overtourism? Understanding and Managing Urban Tourism Growth beyond Perceptions (Madrid: World Tourism Organization, 2018).

81. G.E. Moore, „Cramming more components onto integrated circuits“, Electronics 38/8 (1965), pp. 114–117; „Progress in digital integrated electronics“, Technical Digest, IEEE International Electron Devices Meeting (1975), pp. 11—13; „No exponential is forever: but «Forever» can be delayed!“, articol prezentat la Solid-State Circuits Conference, San Francisco (2003); Intel, „Moore’s law and Intel innovation“ (accesat 2020), http://www.intel.com/

content/www/us/en/history/museum-gordon-moore-law.html.

82. C. Tung et al., ULSI Semiconductor Technology Atlas (Hoboken, NJ: Wiley-Interscience, 2003).

83. J.V. der Spiegel, „ENIAC-on-a-chip“, Moore School of Electrical Engineering (1995), https://www.seas.upenn.edu/~jan/eniacproj.html.

84. H. Mujtaba, „AMD 2nd gen EPYC Rome processors feature a gargantuan 39.54 billion transistors, IO die pictured in detail“, WCCF Tech (octombrie 2019), https://wccftech.c0m/amd-2nd-gen- epyc-rome-iod-ccd-chipshots-39-billion-transistors/.

85. P.E. Ceruzzi, GPS (Cambridge, MA: MIT Press, 2018); A.K. Johnston et al., Time and Navigation (Washington, DC: Smithsonian Books, 2015).

86. MarineTraffic, https://www.marinetraffic.com.

87. Flightradar24, https://www.flightradar24.corn; Flight Aware, https://flightaware.com/live/.

88. De exemplu, cursul normal de zbor (care urmează calea cercului mare) de la Frankfurt (FRA) la Chicago (ORD) trece pe la sud de extremitatea sudică a Groenlandei (vezi: Great Circle Mapper, http://www.gcmap.com/mapui?P=FRA-ORD). Dar când un curent de aer puternic ajunge în zonă, traiectoria se mută spre nord, astfel că avioanele trec pe deasupra ghețarilor insulei.

89. Cele mai notabile tulburări recente ale zborurilor au fost cauzate de erupția vulcanului Eyjafjallajökull din Islanda, din aprilie și mai 2010: BGS Research, „Eyjafjallajökull eruption, Iceland“, British Geological Survey (accesat 2020), https://www.bgs.ac.uk/research/volcanoes/icelandic_ash.html.

90. M.J. Klasing și P. Milionis, „Quantifying the evolution of world trade, 1870–1949“, Journal of International Economics 92 (2014), pp. 185–197.

91. Pentru o hartă a coeficientului de autosuficiență alimentară, vezi Food and Agriculture Organization, „Food self-sufficiency and international trade: a false dichotomy?“ în The State of Agricultural Markets IN DEPTH 2015–16 (Roma: FAO, 2016), http://www.fao.org/3/a-i5222e.pdf.

92. Internetul ne sugerează îndatoritor 10, 13, 20, 23, 50 sau 100 de destinații de vizitat neapărat înainte să închidem ochii definitiv — trebuie doar să dai o căutare după „Bucket list places to visit“.

93. Declinul contribuției SUA și UE la procesele de fabricație la nivel mondial este analizat în M. Levinson, U.S. Manufacturing in International Perspective (Congressional Research Service, 2018), https://fas.org/sgp/crs/misc/R42135.pdf; și R. Marschinski și D. Martinez-Turegano, „The EU’s shrinking share in global manufacturing: a value chain decomposition analysis“, National Institute Economic Review 252 (2020), R19-R32.

94. În pofida unui deficit comercial mare și cronic în raport cu China, în 2019 importurile Canadei includeau hârtie, mucava și pulpă de lemn în valoare de aproape o jumătate de miliard de dolari — și totuși suprafața de păduri regenerabile natural pe cap de locuitor în Canada este de circa 90 de ori mai mare decât în China: FAO, Global Forest Resources Assessment 2020, http://www.fao.org/3/ca9825en/CA9825EN.pdf.

95. A. Case și A. Deaton, Deaths of Despair and the Future of Capitalism (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2020).

96. S. Lund et al., Globalization in Transition: The Future Trade and Value Chains (Washington, DC: McKinsey Global Institute, 2019).

97. OECD, Trade Policy Implications of Global Value Chains (Paris: OECD, 2020).

98. A. Ashby, „From global to local: reshoring for sustainability“, Operations Management Research 9/3–4 (2016), pp. 75–88; O. Butzbach et al., „Manufacturing discontent: National institutions, multinational firm strategies, and anti-globalization backlash in advanced economies“, Global Strategy Journal 10 (2019), pp. 67–93.

99. OECD, „COVID-19 and global value chains: Policy options to build more resilient production networks“ (iunie 2020); UNCTAD, World Investment Report 2020 (New York: UNCTAD, 2020); Swiss Re Institute, „De-risking global supply chains: Rebalancing to strengthen resilience“, Sigma 6 (2020); A. Fish și H. Spillane, „Reshoring advanced manufacturing supply chains to generate good jobs“, Brookings (iulie 2020),

https://www.brookings.edu/research/reshoring-advanced-manufacturing-supply-chains-to-generate-good-jobs/.

100. V. Smil, „History and risk“, Inference 5/1 (aprilie 2020). La șase luni de la declanșarea pandemiei de COVID, în spitalele americane persista criza profundă de echipamente de protecție personală: D. Cohen, „Why a PPE shortage still plagues America and what we need to do about it“, CNBC (august 2020), https://www. cnbc.com/2020/08/22/coronavirus-why-a-ppe-shortage-still-plagues-the-us.html

101. P. Haddad, „Growing Chinese transformer exports cause concern in U.S.“, Power Transformer News (mai 2019), https://www. powertransformernews.com/2019/05/02/growing-chinese-transformer-exports-cause-concern-in-u-s/.

102. N. Stonnington, „Why reshoring U.S. manufacturing could be the wave of the future“, Forbes (9 septembrie 2020); M. Leonard, „64 percent of manufacturers say reshoring is likely following pandemic: survey“, Supply Chain Dive (mai 2020), https://www.supplychaindive.com/news/manufacturing-reshoring-pandemic-thomas/577971/.

5. Să înțelegem riscurile: De la virusuri la diete și la exploziile solare

1. A. de Waal, „The end of famine? Prospects for the elimination of mass starvation by political action“, Political Geography 62 (2017), pp. 184–195.

2. Cu privire la impactul spălatului pe mâini mai des, vezi Global Handwashing Partnership, „About handwashing“ (accesat 2020), https://globalhandwashing.org/about-handwashing/. Riscurile intoxicării cu monoxid de carbon erau deosebit de ridicate în țările cu climă rece, unde sobele cu lemne erau singura sursă de căldură: J. Howell et al., „Carbon monoxide hazards in rural Alaskan homes“, Alaska Medicine 39 (1997), pp. 8—11. Cu atât de multe detectoare ieftine de CO (primele au fost introduse pe piață la începutul

anilor 1990), nu există nicio justificare pentru decesele provocate în urma combustiei incomplete în interiorul locuințelor.

3. Probabil că nu există niciun alt concept de o simplitate comparabilă în afară de centura de siguranță auto în 3 puncte (introdusă pentru prima oară de Nils Ivar Boldin pentru Volvo în 1959), care să poată fi creditată cu salvarea unui număr atât de mare de vieți și prevenirea multor altor accidente grave — și încă la un cost atât de scăzut. În mod justificabil, în 1985, Biroul German de Patente l-a clasat printre cele mai importante 8 inovații din ultima sută de ani. N. Bohlin, „A statistical analysis of 28,000 accident cases with emphasis on occupant restraint value“, SAE Technical Paper 670925 (1967); T. Borroz, „Strapping success: The 3-point seatbelt turns 50“, Wired (august 2009).

4. Această chestiune a reprezentat multă vreme un motiv de iritare pentru relațiile externe ale Japoniei. Această țară a refuzat în repetate rânduri să semneze Convenția de la Haga privind Aspectele Civile ale Răpirii Internaționale a Copiilor (semnată în 1980, intrată în vigoare de la 1 decembrie 1983): Convention on the Civil Aspects of International Child Abduction, https://assets.hcch.net/docs/e86d9f72-dc8d-46f3-e102911c8532.pdf. Și cu toate că a semnat-o în cele din urmă în 2014, puțini parteneri americani sau europeni au reușit să-și revendice drepturile parentale.

5. Cu privire la declinul conflictelor violente, vezi J.R. Oneal, „From realism to the liberal peace: Twenty years of research on the causes of war“, în G. Lundestad, ed., International Relations Since the End oj the Cold War: Some Key Dimensions (Oxford: Oxford University Press, 2012), pp. 42–62; S. Pinker, „The decline of war and conceptions of human nature“, International Studies Review 15/3 (2013), pp. 400–405.

6. National Cancer Institute, „Asbestos exposure and cancer risk“ (accesat 2020), https://www.cancer.gov/about-cancer/; American Cancer Society, „Talcum powder and cancer“ (accesat 2020), https://www.cancer.org/cancer/cancer-causes/talcum-powder-and-cancer.html; J. Entine, Scared to Death: How Chemophobia Threatens Public Health (Washington, DC: American Council on Science and Health, 2011). În privința încălzirii globale, există o mare varietate de cărți apocaliptice recente, iar această provocare va fi tratată în următoarele două capitole.

7. S. Knobler et al., Learning from SARS: Preparing for the Next Disease

Outbreak — Workshop Summary (Washington, DC: National Academies Press, 2004); D. Quammen, Ebola: The Natural and Human History of a Deadly Virus (New York: W.W. Norton, 2014).

8. Literatura pe tema riscului este acum enormă, cu multe ramuri specializate: cărțile și articolele privind gestionarea riscurilor în afaceri sunt deosebit de numeroase, urmate de publicațiile pe tema pericolelor naturale. Cele mai importante periodice sunt Risk Analysis, Journal of Risk Research, și Journal of Risk.

9. Pentru povestea evoluției umane în timpul epocii paleolitice, vezi F.J. Ayala și C.J. Cela-Cond, Processes in Human Evolution: The Journey from Early Hominins to Neandertals and Modern Humans (New York: Oxford University Press, 2017). Pentru afirmațiile privind eficacitatea dietei „paleolitice", vezi https://thepaleodiet.com/. Pentru o analiză imparțială a dietei, consultă: Harvard T.H. Chan School of Public Health, „Diet review: paleo diet for weight loss" (accesat 2020), https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/healthy-weight/diet-reviews/paleo-diet/. Nu sunt deloc puține cărțile care promit nu doar să te transforme în vegetarian, sau chiar în vegan, dar „literalmente să salveze planeta". Pentru doar două mult popularizate puncte de vedere, vezi J.M. Masson, The Face on Your Plate: The Truth About Food (New York: W.W. Norton, 2010); și J.S. Foer, We Are the Weather: Saving the Planet Begins at Breakfast (New York: Farrar, Straus and Giroux, 2019).

10. E. Archer et al., „The failure to measure dietary intake engendered a fictional discourse on diet-disease relations", Frontiers in Nutrition 5 (2019), p. 105. Pentru cel mai extins și totodată cel mai acuzator schimb de opinii despre studiile moderne privind alimentația, vezi cele patru seturi de comentarii începând cu E. Archer et al., „Controversy and debate: Memory-Based Methods Paper 1: The fatal flaws of food frequency questionnaires and other memory-based dietary assessment methods", Journal of Clinical Epidemiology 104 (2018), pp. 113–124.

11. Controversa cu implicațiile cele mai profunde a avut în vedere rolul grăsimilor alimentare și al colesterolului în bolile cardiace. Pentru afirmațiile originale, vezi American Heart Association, „Dietary guidelines for healthy American adults", Circulation 94 (1966), pp. 1795–1800; A. Keys, Seven Countries: A Multivariate Analysis of Death and Coronary Heart Disease (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1980). Pentru criticile exprimate și

pentru inversarea afirmațiilor anterioare, vezi A.F. La Berge, „How the ideology of low fat conquered America“, Journal of the History of Medicine and Allied Sciences 63/2 (2008), pp. 139–177; R. Chowdhury et al., „Association of dietary, circulating, and supplement fatty acids with coronary risk: a systematic review and meta-analysis“, Annals of Internal Medicine 160/6 (2014), pp. 398-406; R.J. De Souza et al., „Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies“, British Medical Journal (2015); M. Dehghan et al., „Associations of fats and carbohydrate intake with cardiovascular disease and mortality in 18 countries from five continents (PURE): a prospective cohort study“, The Lancet 390/10107 (2017), pp. 2050-2062; American Heart Association, „Dietary cholesterol and cardiovascular risk: A science advisory front the American Heart Association“, Circulation 141 (2020), e39-e53.

12. Speranțele de viață ca o medie pe cinci ani între 1950 și 2020 sunt disponibile pentru toate țările și regiunile la: United Nations, World Population Prospects 2019, https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/.

13. Statistici istorice japoneze detaliate documentează această tendință. Biroul de Statistică al Japoniei, Historical Statistics of Japan (Tokyo: Statistics Bureau, 1996).

14. H. Toshima et al., editori, Lessons for Science from the Seven Countries Study: A 35-Year Collaborative Experience in Cardiovascular Disease Epidemiology (Berlin: Springer, 1994).

15. Pentru mai multe informații privind consumul de zahăr total și adăugat din SUA și Japonia, vezi S.A. Bowman et al., Added Sugars Intake of Americans: What We Eat in America, NHANES 2013–2014 (mai 2017); A. Fujiwara et al., „Estimation of starch and sugar intake in a japanese population based on a newly developed food composition database“, Nutrients 10 (2018), p. 1474.

16. Printre introducerile bune se numără M. Ashkenazi și J. Jacob, The Essence of Japanese Cuisine (Philadelphia: University of Philadelphia Press, 2000); K.J. Cwiertka, Modern Japanese Cuisine (London: Reaktion Books, 2006); E.C. Rath și S. Assmann, editori, Japanese Foodways: Past & Present (Urbana, IL: University of Illinois Press, 2010).

17. Ratele de consum aparent din Spania sunt preluate din: Fundacion Foessa, Estudios sociologies sobre la situation socialde Espana, 1975 (Madrid: Editorial Euramerica, 1976), p. 513; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, Informe del Consume Alimentario en España 2018 (Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019).

18. Comparații bazate pe: FAO, „Food Balances“ (accesat 2020), http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS.

19. Pentru mortalitatea cauzată de bolile cardiovasculare, vezi F. Serramajem et al., „How could changes in diet explain changes in coronary heart disease mortality in Spain — The Spanish Paradox“, American Journal of Clinical Nutrition 61 (1995), S1351-S1359; OECD, Cardiovascular Disease and Diabetes: Policies for Better Health and Quality of Care (iunie 2015). Pentru speranța de viață, vezi World Population Prospects 2019 (ONU).

20. C. Starr, „Social benefit versus technological risk“, Science 165 (1969), pp. 1232–1238.

21. Potrivit unei evaluari cantitative detaliate privind riscurile, fumul de țigară conține 18 constituenți dăunători și potențial dăunători: K.M. Marano et al., „Quantitative risk assessment of tobacco products: A potentially useful component of substantial equivalence evaluations“, Regulatory Toxicology and Pharmacology 95 (2018), pp. 371–384.

22. M. Davidson, „Vaccination as a cause of autism — myths and controversies“, Dialogues in Clinical Neuroscience 19/4 (2017), pp. 404–407; J. Goodman și F. Carmichael, „Coronavirus: Bill Gates «microchip» conspiracy theory and other vaccine claims fact-checked“, BBC News (29 mai 2020).

23. La începutul lui septembrie 2020, două treimi dintre americani au spus că nu își vor face vaccinul COVID-19 când va deveni disponibil: S. Elbeshbishi și F. King, „Exclusive: Two-thirds of Americans say they won’t get COVID-19 vaccine when it’s first available, USA TODAY/Suffolk Poll shows“, USA Today (septembrie 2020).

24. Rapoarte cuprinzătoare privind consecințele asupra sănătății ale celor două dezastre sunt disponibile la: B. Bennett et al., Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes, Report of the UN Chernobyl Forum (Geneva: OMS, 2006); World Health Organization, Health Risk

Assessment from the Nuclear Accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami Based on a Preliminary Dose Estimation (Geneva: OMS, 2013).

25. World Nuclear Association, „Nuclear power in France“ (accesat 2020), https://www.world-nuclear.org/information-library/country- profiles/countries-a-f/france.aspx.

26. C. Joppke, Mobilizing Against Nuclear Energy: A Comparison of Germany and the United States (Berkeley, C A; University of California Press, 1993); Tresantis, Die Anti-Atom-Bewegung: Geschichte und Perspektiven (Berlin: Assoziation A, 2015).

27. Aceste argumente au fost evidențiate în mod repetat de Baruch Fischhoff și de Paul Slovic: B. Fischhoff et al., „How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits“, Policy Sciences 9 (1978), pp. 127–152; B. Fischhoff, „Risk perception and communication unplugged: Twenty years of process“, Risk Analysis 15/2 (1995), pp. 137–145; B. Fischhoff și J. Kadvany, Risk: A Very Short Introduction (New York: Oxford University Press, 2011); P. Slovic, „Perception of risk“, Science 236/4799 (1987), pp. 280–285; P. Slovic, The Perception of Risk (London: Earthscan, 2000); P. Slovic, „Risk perception and risk analysis in a hyperpartisan and virtuously violent world“, Risk Analysis 40/3 (2020), pp. 2231–2239.

28. Trei dezastre notabile recente indică amploarea tipică a mortalității în timpul accidentelor industriale și din construcții: deraierea, incendiul și explozia unui tren care transporta țiței la Lac-Megantic din Quebec (6 iulie 2013) cu 47 de morți; o clădire prăbușită în Dhaka care a ucis 1 129 de muncitori din industria confecțiilor pe 24 aprilie 2013, și ruptura Barajului Brumadinho din Brazilia de pe 25 ianuarie 2019, soldată cu 233 de decese.

29. După o cădere liberă de doar patru secunde într-o configurație cu abdomenul spre pământ, un săritor de pe obiecte fixe parcurge 72 m și atinge viteza de 120 km/h: „BASE jumping freefall chart“, The Great Book of Base (2010), https://base-book.com/BASEFreefallChart.

30. A.S. Ramirez et al., „Beyond fatalism: Information overload as a mechanism to understand health disparities“, Social Science and Medicine 219 (2018), pp. 11–18.

31. D.R. Kouabenan, „Occupation, driving experience, and risk and accident perception“, Journal of Risk Research 5 (2002), pp. 49–68; B. Keeley et ak, „Functions of health fatalism: Fatalistic talk as face saving, uncertainty management, stress relief and sense making“, Sociology of Health & Illness 31 (2009), pp. 734–747.

32. A. Kayani et al., „Fatalism and its implications for risky road use and receptiveness to safety messages: A qualitative investigation in Pakistan“, Health Education Research 27 (2012), pp. 1043–1054; B. Mahembe și O.M. Samuel, „Influence of personality and fatalistic belief on taxi driver behaviour“, South African Journal of Psychology 46/3 (2016), pp. 415–426.

33. A. Suarez-Barrientos et ak, „Circadian variations of infarct size in acute myocardial infarction“, Heart 97 (2011), 9706976.

34. World Health Organization, „Falls“ (ianuarie 2018), https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/falls.

35. Despre Salmonella, vezi Centers for Disease Control and Prevention, „Salmonella and Eggs“, https://www.cdc.gov/foodsafety/communication/salmonella-and-eggs.html. Despre reziduurile de pesticide din ceai, vezi J. Feng et al., „Monitoring and risk assessment of pesticide residues in tea samples from China“, Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal 21/1 (2015), pp. 169–183.

36. Ultimele statistici ale FBI privind omuciderile și omorurile prin imprudență (pe 100 000 de oameni) sunt de 51 pentru Baltimore, 9,7 pentru Miami și 6,4 pentru Los Angeles: https://ucr.fhi.gov/crime-in-the-u.s/2018/crime-in-the-u.s.-2018/topic-pages/murder.

37. Cea mai mare rechemare recentă a unor medicamente contaminate provenite din China a inclus și antihipertensive prescrise pe scară largă: Food and Drug Administration, „FDA updates and press announcements on angiotensin II receptor blocker (ARB) recalls (valsartan, losartan, and irbesartan)“ (noiembrie 2019), https://www.fda.gov/drugs/drug-safety-and-availability/fda-updates-and-press-announcements-angiotensin-ii-receptor-blocker-arb-recalls-valsartan-losartan.

38. Office of National Statistics, „Deaths registered in England and Wales: 2019“,

https://www.ons.gtw.uk/peoplepopulationandcommunity/birthsdeathsandmarriage

39. K.D. Kochanek et al., „Deaths: Final Data for 2017“, National Vital Statistics Reports 68 (2019), pp. 1–75; J. Xu et al., Mortality in the United States, 2018, NCHS Data Brief No. 355 (ianuarie 2020).

40. Starr, „Social benefit versus technological risk.“ Metrica micromorților, introdusă în 1989 de Ronald Howard, a fost folosită în multe materiale publicate de David Spiegelhalter: R.A. Howard, „Microrisks for medical decision analysis“, International Journal of Technology Assessment in Health Care 5/3 (1989), pp. 357–370; M. Blastland și D. Spiegelhalter, The Norm Chronicles: Stories and Numbers about Danger and Death (New York: Basic Books, 2014).

41. Organizația Națiunilor Unite, World Mortality 2019, https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/mortality/W

42. CDC, „Heart disease facts“, https://www.cdc.gov/heartdisease/facts.htm; D.S. Jones și J A. Greene, „The decline and rise of coronary heart disease“, Public Health Then and Now 103 (2014), pp. 10207–10218; J.A. Haagsma et al., „The global burden of injury: incidence, mortality, disability-adjusted life years and time trends from the Global Burden of Disease study 2013“, Injury Prevention 22/1 (2015), pp. 3–16.

43. Organizația Mondială a Sănătății, „Falls“ (ianuarie 2018), https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/falls.

44. Statistics Canada, „Deaths and mortality rates, by age group“ (accesat 2020), https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=1310071001&pickMemberspercent5Bo percent5D=1.1&pick Memberspercent5B1 percent5D=3.1.

45. L.T. Kohn et al., To Err Is Human: Building a Safer Health System (Washington, DC: National Academies Press, 1999).

46. M. Makary și M. Daniel, „Medical error — the third leading cause of death in the US“, British Medical Journal 353 (2016), i2139.

47. K.G. Shojania și M. Dixon-Woods, „Estimating deaths due to medical error: the ongoing controversy and why it matters“, British Medical Journal Quality and Safety 26 (2017), pp. 423–428.

48. J.E. Sunshine et al., „Association of adverse effects of medical treatment with mortality in the United States“, JAMA Network Open 2/1 (2019), 6187041.

49. În 2016, au fost 35,7 milioane de internări în spitalele din SUA, cu o medie de 4,6 zile: W.J. Freeman et al., „Overview of U.S. hospital stays in 2016: Variation by geographic region“ (decembrie 2018), https://www.hcup-us.ahrq.gov/reports/statbriefs/sb246-Geographic-Variation-Hospital-Stays.jsp.

50. Bureau of Transportation Statistics, „U.S. Vehicle-miles“ (2019), https://www.bts.gov/content/us-vehicle-miles.

51. A.R. Sehgal, „Lifetime risk of death from firearm injuries, drug overdoses, and motor vehicle accidents in the United States“, American Journal of Medicine 133/10 (octombrie 2020), pp. 1162–1167.

52. Clasificări mondiale în materie de sănătate, „Road traffic accidents“ (accesat 2020), https://www.worldlifeexpectancy.com/cause-of-death/road-traffk-accidents/by-country/.

53. Misterul zborului 370 al Malaysia Airlines s-ar putea să nu fie rezolvat niciodată: sugestiile și speculațiile abundă, dar în acest moment se pare că doar o cheie neașteptată și accidentală ar putea să-l dezlege. Ancheta privind cele două prăbușiri succesive ale aparatelor Boeing 737 MAX (soldate cu 346 de morți) au scos la lumină practicile dubioase ale companiei în fabricarea proiectului său cel mai bine vândut și în oferirea de instrucțiuni și îndrumări pentru operarea lui.

54. Organizația Internațională pentru Aviație Civilă, State of Global Aviation Safety (Montreal: ICAO, 2020).

55. K. Soreide et al., „How dangerous is BASE jumping? An analysis of adverse events in 20,850 jumps from the Kjerag Massif, Norway“, Trauma 62/5 (2007), pp. 1113–1117.

56. United States Parachute Association, „Skydiving safety“ (accesat 2020), https://uspa.org/Find/FAQs/Safety.

57. US Hang Gliding & Paragliding Association, „Fatalities“ (accesat 2020), https: //www. ushpa. org/page/fatalities.

58. National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism,

American Deaths in Terrorist Attacks, 1995–2017 (septembrie 2018).

59. National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism, Trends in Global Terrorism: Islamic State's Decline in Iraq and Expanding Global Impact; Fewer Mass Casualty Attacks in Western Europe; Number of Attacks in the United States Highest since 1980s (octombrie 2019).

60. Pentru o sinteză reușită privind pericolele reprezentate de cutremurele de pe Coasta de Vest, vezi R.S. Yeats, Living with Earthquakes in California (Corvallis, OR: Oregon State University Press, 2001). Pentru consecințele transpacifice ale cutremurelor de pe Coasta de Vest, vezi B.F. Atwater, The Orphan Tsunami of 1700 (Seattle, WA: University of Washington Press, 2005).

61. E. Agee și L. Taylor, „Historical analysis of U.S. tornado fatalities (1808–2017): Population, science, and technology“, Weather, Climate and Society 11 (2019), pp. 355–368.

62. R.J. Samuels, 3.11: Disaster and Change in Japan (Ithaca, NY: Cornell University Press, 2013); V. Santiago-Fandino et al., editori, The 2011 Japan Earthquake and Tsunami: Reconstruction and Restoration, Insights and Assessment after 5 Years (Berlin: Springer, 2018).

63. E.N. Rappaport, „Fatalities in the United States from Atlantic tropical cyclones: New data and interpretation“, Bulletin of American Meteorological Society 1014 (martie 2014), pp. 341–346.

64. National Weather Service, „How dangerous is lightning?“ (accesat 2020), https://www.weather.gov/safety/lightning-odds; R.L. Holle et al., „Seasonal, monthly, and weekly distributions of NLDN and GLD360 cloud-to-ground lightning“, Monthly Weather Review 144 (2016), pp. 2855–2870.

65. Munich Re, Topics. Annual Review: Natural Catastrophes 2002 (Munich: Munich Re, 2003); P. Low, „Tropical cyclones cause highest losses: Natural disasters of 2019 in figures“, Munich Re (ianuarie 2020), https://www.munichre.com/topics-online/en/climate-change-and-natural-disasters/natural-disasters/natural-disasters-of-2019-in-figures-tropical-cyclones-cause-highest-losses.html.

66. O. Unsalan et al., „Earliest evidence of a death and injury by a meteorite“, Meteoritics & Planetary Science (2020), pp. 1–9.

67. National Research Council, Near-Earth Object Surveys and Hazard Mitigation Strategies: Interim Report (Washington, DC: NRC, 2009); M.A.R. Khan, „Meteorites“, Nature 136/1030 (1935), p. 607.

68. D. Finkelman, „The dilemma of space debris“, American Scientist 102/1 (2014), pp. 26–33.

69. M. Mobberley, Supernovae and How to Observe Them (New York: Springer, 2007).

70. NASA, „2012: Fear no Supernova“ (decembrie 2011), https://www.nasa.gov/topics/earth/features/2012-supernova.html.

71. NASA, „Asteroid fast facts“ (martie 2014), https://www.nasa.gov/mission_pages/asteroids/overview/fastfacts.html; National Research Council, Near-Earth Object Surveys and Hazard Mitigation Strategies; M.B.E. Boslough și D.A. Crawford, „Low-altitude airbursts and the impact threat“, International Journal of Impact Engineering 35/12 (2008), pp. 1441–1448.

72. US Geological Survey, „What would happen if a «supervolcano» eruption occurred again at Yellowstone?“ https://www.usgs.gov/faqs/what-would-happen-if-a-supervolcano-eruption-occurred-again-yellowstone; R.V. Fisher et al., Volcanoes: Crucibles of Change (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1997).

73. Space Weather Prediction Center, „Coronal mass ejections“, National Oceanic and Atmospheric Administration (accesat 2020), https://www.swpc.noaa.gov/phenomena/coronal-mass-ejections.

74. R.R. Britt, „150 years ago: The worst solar storm ever“, Space.com (septembrie 2009), https://www.space.com/7224-150-years-worst-solar-storm.html.

75. S. Odenwald, „The day the Sun brought darkness“, NASA (martie 2009), https://www.nasa.gov/topics/earth/features/sun_darkness.html.

76. Solar and Heliospheric Observatory, https://sohowww.nascom. nasa.gov/.

77. T. Phillips, „Near miss: The solar superstorm of July 2012“, NASA (iulie

2014), https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2014/23jul_superstorm.

78. P. Riley, „On the probability of occurrence of extreme space weather events“, Space Weather 10 (2012), S02012.

79. D. Morina et al., „Probability estimation of a Carrington-like geomagnetic storm“, Scientific Reports 9/1 (2019).

80. K. Kirchen et al., „A solar-centric approach to improving estimates of exposure processes for coronal mass ejections“, Risk Analysis 40 (2020), pp. 1020–1039.

81. E.D. Kilbourne, „Influenza pandemics of the 20th century“, Emerging Infectious Diseases 12/1 (2006), pp. 9–14.

82. C. Viboud et al., „Global mortality impact of the 1957—1959 influenza pandemic“, Journal of Infectious Diseases 213/5 (2016), pp. 738–745; CDC, „1968 Pandemic (H3N2 virus)“ (accesat 2020), https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/1968-pandemic.html; J.Y. Wong et al., „Case fatality risk of influenza A(H1N1pdmo9): a systematic review“, Epidemiology 24/6 (2013).

83. World Economic Forum, Global Risks 2015, 10th Edition (Cologny: WEF, 2015).

84. „Advice on the use of masks in the context of COVID-19: Interim guidance“, World Health Organization (2020).

85. J. Paget et al., „Global mortality associated with seasonal influenza epidemics: New burden estimates and predictors from the GLaMOR Project ’’Journal of Global Health 9/2 (decembrie 2019), 020421.

86. W. Yang et al., „The 1918 influenza pandemic in New York City: Age-specific timing, mortality, and transmission dynamics“, Influenza and Other Respiratory Viruses 8 (2014), pp. 177–188; A. Gagnon et al., „Age-specific mortality during the 1918 influenza pandemic: Unravelling the mystery of high young adult mortality“, PLoS ONE 8/8 (august 2013), 06958; W. Gua et al., „Comorbidity and its impact on 1590 patients with COVID-19 in China: A nationwide analysis“, European Respiratory Journal 55/6 (2020), article

2000547.

87. J.-M. Robine et al., editori, Human Longevity, Individual Life Duration, and the Growth of the Oldest-Old Population (Berlin: Springer, 2007).

88. CDC, „Weekly Updates by Select Demographic and Geographic Characteristics“ (accesat 2020), https://www.cdc.gov/nchs/nvss/vsrr/covid_weekly/index.htm#AgeAnd Sex.

89. D.M. Morens et al., „Predominant role of bacterial pneumonia as a cause of death in pandemic influenza: implications for pandemic influenza preparedness“, Journal of Infectious Disease 198/7 (octombrie 2008), pp. 962–970.

90. A. Noymer și M. Garenne, „The 1918 influenza epidemic's effects on sex differentials in mortality in the United States“, Population and Development Review 26/3 (2000), pp. 565–581.

91. Pentru o sinteză reușită privind pericolele reprezentate de cutremurele de pe Coasta de Vest, vezi R.S. Yeats, Living with Earthquakes in California (Corvallis, OR: Oregon State University Press, 2001). Pentru consecințele transpacifice ale cutremurelor de pe Coasta de Vest, vezi B.F. Atwater, The Orphan Tsunami of 1700 (Seattle, WA: University of Washington Press, 2005).

92. P. Gilbert, The A-Z Reference Book of Syndromes and Inherited Disorders (Berlin: Springer, 1996).

93. Japonia, cu populația ei concentrată în zonele de câmpie care constituie doar circa 15% din suprafața acestei țări muntoase, și cu riscul permanent al unor cutremure puternice, erupții vulcanice și tsunamiuri distructive, este un exemplu foarte ilustrativ al acestei realități — așa cum sunt, din motive similare sau diferite, locuri dens populate, cum ar fi Java sau regiunea de coastă a Bangladeshului.

94. Mult mai multe informații despre aceste subiecte pot fi găsite în publicații mult mai recente, printre care O. Renn, Risk Governance: Towards an Integrative Approach (Geneva: International Risk Governance Council, 2006); G. Gigerenzer, Risk Savvy: How to Make Good Decisions (New York: Penguin Random House, 2015).

95. V. Janssen, „When polio triggered fear and panic among parents in the

1950s“, History (martie 2020), https://www.history.com/news/polio-fear-post-wwii-era.

96. În 1958, PIB-ul SUA a crescut cu peste 5% peste cel din 1957, iar în 1969 creșterea a fost de peste 7%. Fred Economic Data (accesat 2020), https://fred.stlouisfed.org/ series/GDP.

97. The Museum of Flight, „Boeing 747-121“ (accesat 2020), https://www.museumofflight.org/aircraft/boeing-747-121.

98. Y. Tsuji et al., „Tsunami heights along the Pacific Coast of Northern Honshu recorded from the 2011 Tohoku and previous great earthquakes“, Pure and Applied Geophysics 171 (20[4), pp. 3183–3215.

99. În noiembrie 2004, Osama bin Laden le-a explicat cetățenilor americani că a ales acel atac cu scopul de a face „America să sângereze până în pragul falimentului“, și cum acest lucru a fost ajutat de „Casa Albă care cere deschiderea de fronturi de război“. O transcriere completă a discursului se găsește la: https://www.aljazeera.com/archive/2004/11/200849163336457223.html. El a mai citat estimarea Institutului Regal pentru Probleme Internaționale potrivit căreia susținerea atacurilor nu costă mai mult de 500 000 de dolari, în vreme ce doar în 2018 costurile războaielor purtate de America în Irak, Afganistan, Pakistan și Siria s-a ridicat la circa 5,9 bilioane de dolari, iar costurile viitoare (dobânzile pentru banii împrumutați, îngrijirea veteranilor de război) ar putea împinge această sumă la valoarea de 8 bilioane de dolari în următorii 40 de ani: Watson Institute, „Costs of War“ (2018), https://watson.brown.edu/costsofwar/papers/summary.

100. C.R. Sunstein, „Terrorism and probability neglect“, Journal of Risk and Uncertainty 26 (2003), pp. 121–136.

101. Federal Bureau of Investigation, „Crime in the U.S.“ (accesat 2020), https://ucr.fbi.gov/crime-in-the-u.s.

102. E. Miller și N. Jensen, American Deaths in Terrorist Attacks, 1995- 2017 (septembrie 2018), https://www.start.umd.edu/pubs/ START_AmericanTerrorismDeaths_FactSheet_Sept2018.pdf.

103. A.R. Sehgal, „Lifetime risk of death from firearm injuries, drug overdoses,

and motor vehicle accidents in the United States“, American Journal of Medicine 133/10 (mai 2020), pp. 1162–1167.

6. Să înțelegem mediul înconjurător: Singura biosferă pe care o avem

1. Pentru cea mai halucinantă versiune a acestor viziuni, vezi https://www.spacex.com/mars. Și-au impus următoarele etape de referință: Prima misiune spre Marte în 2022; obiectivele sale modeste sunt „să confirme existența unor resurse de apă, să identifice pericolele și să instaleze elementele inițiale ale infrastructurii pentru energie, minerit și susținerea vieții“. A doua misiune, în 2024, va construi un depozit de carburanți, va pregăti terenul pentru viitoarele zboruri cu echipaj și „va servi ca un început pentru prima bază marțiană, pornind de la care vom putea construi un oraș prosper și în cele din urmă o civilizație autoîntreținută pe Marte“. Cei care savurează genul acesta de fantezii, ar putea să citească și K.M. Cannon și D.T. Britt, „Feeding one million people on Mars“, New Space 7/4 (decembrie 2019), pp. 245–254.

2. B.M. Jakosky și C.S. Edwards, „Inventory of CO, available for terraforming Mars“, Nature Astronomy 2 (2018), pp. 634–639.

3. Acest lucru a fost discutat cu ocazia unui webinar găzduit de Academia de Științe din New York în mai 2020, când un genetician de la Universitatea Cornell chiar a spus: „Poate că avem datoria etică să procedăm astfel?“: „Alienating Mars: Challenges of Space Colonization“, https://www.nyas.org/events/2020/webinar-alienating-mars-challenges-of-space-colonization. În mod remarcabil, această viziune a unor oameni înzestrați cu o reziliență genetică asemănătoare tardigradelor a fost discutată, aparent cu toată seriozitatea, într-o perioadă în care în New York se înregistrau zilnic peste 500 de decese cauzate de COVID-19 și când spitalele sufereau de penuria permanentă de echipamente de protecție, fiind forțate să reutilizeze măștile și mănușile. Și Defense Advanced Research Project Agency a cheltuit bani pentru această idee: J. Koehler, „DARPA: We Are Engineering the Organism that will Terraform Mars“, VICE Motherboard (iunie 2015), https://

www.vice.com/en_us/article/ae3pee/darpa-we-are-engineering- the-organisms-that-will-terraform-mars.

4. J. Rockstrom et al., „A safe operating space lor humanity“, Nature 461 (2009), pp. 472–475.

5. Pentru o listă completă a recordurilor pentru toate categoriile de scufundări libere sau apnee statică, vezi https://www.guinnessworldrecords.com/:search?term=freediving.

6. Capacitatea respiratorie medie (aerul inspirat în plămâni) este de 500 ml la bărbați și 400 ml la femei: S. Hallett și J.V. Ashurst, „Physiology, tidal volume“ (iunie 2020), https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482502/. Dacă luăm ca valori medii 450 ml și 16 inhalări pe minut, asta înseamnă 7,2 litri de aer pe minut. Oxigenul alcătuiește 21% din atmosferă și, prin urmare, în fiecare minut se inhalează cam 1,5 litri de oxigen, dar numai circa 23% din acel volum este absorbit de plămâni (restul fiind expirat), astfel că volumul efectiv de oxigen pur consumat este de circa 350 ml pe minut — adică, 500 l sau (la o densitate de 1,429 g/l) circa 700 grame pe zi. Efortul fizic crește necesarul și, cu o creștere de doar 30% pentru un consum de oxigen mai mare în timpul activităților zilnice, ajungem la circa 900 g pe zi. Pentru aporturile maxime de oxigen, vezi G. Ferretti, „Maximal oxygen consumption in healthy humans: Theories and facts“, European Journal of Applied Physiology 114 (2014), pp. 2007–2036.

7. A.P. Gumsley et al., „Timing and tempo of the Great Oxidation Event“, Proceedings of the National Academy of Sciences 114 (2017), pp. 1811 iSr6.

8. X R.A. Berner, „Atmospheric oxygen over Phanerozoic time“, Proceedings of the National Academy of Sciences 96 (1999), pp. 10955–10957.

9. Pentru conținutul de carbon al vegetației terestre, vezi V. Smil, Harvesting the Biosphere (Cambridge, MA: MIT Press, 2013), pp. 161–165. Calculul presupune o oxidare completă a întregii cantități de carbon.

10. https://twitter.com/EmmanuelMacron/status/1164617008962527232.

11. S.A. Loer et al., „How much oxygen does the human lung consume?“ Anesthesiology 86 (1997), pp. 532–537.

12. Smil, Harvesting the Biosphere, pp. 31–36.

13. J. Huang et al., „The global oxygen budget and its future projection“, Science Bulletin 63/18 (2018), pp. 1180–1186.

14. Există, desigur, multe alte motive reale — de la pierderea biodiversității la schimbările în capacitatea de retenție a apei — ca să fim îngrijorați de incendierea deliberată și la scară mare a vegetației tropicale sau de incendiile naturale în pădurile lovite de secetă.

15. Pentru ultimele studii privind rezervele și utilizarea apei la nivel mondial, vezi A.K. Biswas et al., editori, Assessing Global Water Megatrends (Singapore: Springer Nature, 2018).

16. Institute of Medicine, Dietary Reference Intakes for Water, Potassium , Sodium, Chloride, and Sulfate (Washington, DC: National Academies Press, 2005).

17. Între țările cele mai populate ale lumii, cota parte a consumului de apă dulce în agricultură este de 90% în India, 80% în Indonezia și 65% în China, dar numai circa 35% în SUA: World Bank, „Annual freshwater withdrawals, agriculture (percent of total freshwater withdrawal)“ (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/er.h2o.fwag.zs?end= 2016&start= 1965 &view=chart.

18. Water Footprint Network, „What is a water footprint?“ (accesat 2020), https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is- water-footprint/.

19. M.M. Mekonnen și Y.A. Hoekstra, National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption (Delft: UNESCO-IIIE Institute for Water Education, 2011).

20. N. Joseph et al., „A review of the assessment of sustainable water usage at continental-to-global scale“, Sustainable Water Resources Management 6 (2020), p. 18.

21. S.N. Gosling și N.W. Arnell, „A global assessment of the impact of climate change on water scarcity“, Climatic Change 134 (2016), pp. 371—385.

22. Smil, Growth, pp. 386–388.

23. Pentru tendințele pe termen lung ale diferitelor categorii de utilizare a

terenurilor agricole, vezi FAO, „Land use“, http://www.fao.0rg/faostatA:n/#data/RL. Un studiu american a stabilit 2009 ca anul de vârf al terenurilor agricole la nivel mondial, după care a urmat un declin lent, dar stabil. J. Ausubel et al., „Peak farmland and the prospect for land sparing“, Population and Development Review 38, Supplement (2012), pp. 221–242. În realitate, datele FAO arată că între 2009 și 2017 a avut loc o creștere cu încă 4%.

24. X. Chen et al., „Producing more grain with lower environmental costs“, Nature 514/7523 (20(4), pp. 486–488; Z. Cui et al., „Pursuing sustainable productivity with millions of smallholder farmers“, Nature 555/7696 (2018), pp. 363–366.

25. Producția mondială de amoniac conținea 160 Mt de azot în 2019, din care circa 120 erau destinate îngrășămintelor: FAO, World Fertilizer Trends and Outlook to 2022 (Rome: FAO, 2019). Capacitatea de producție (care a depășit deja 180 Mt) se estimează că va crește cu aproape 20% până în 2026, în jur de 100 de noi fabrici fiind planificate și anunțate în special în Asia și Orientul Mijlociu: Hydrocarbons Technology, „Asia and Middle East lead globally on ammonia capacity additions“ (2018), https://www.hydrocarbons-technology.com/comment/global-ammonia-capacity/.

26. US Geological Survey, „Potash“ (2020), https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-potash.pdf.

27. J. Grantham, „Be persuasive. Be brave. Be arrested (if necessary)“, Nature 491 (2012), p. 303.

28. S.J. Van Kauwenbergh, World Phosphate Rock Reserves and Resources (Muscle Shoals, AL: IFDC, 2010).

29. US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2012, p. 123.

30. International Fertilizer Industry Association, „Phosphorus and «Peak Phosphate»“ (2013). See also M. Heckenmiiller et al., Global Availability of Phosphorus and Its Implications for Global Food Supply: An Economic (Overview (Kiel: Kiel Institute for the World Economy, 2014).

31. V. Smil, „Phosphorus in the environment: Natural flows and human interferences“, Annual Review of Energy and the Environment 25 (2000),

pp. 53–88; US Geological Survey, „Phosphate rock“, https://pubs.usgs.gov/peri0dicals/mcs2020/mcs2020-ph0sphate.pdf.

32. M.F. Chislock et al., „Eutrophication: Causes, consequences, and controls in aquatic ecosystems“, Nature Education Knowledge 4/4 (2013), p. 10.

33. J. Bunce et al., „A review of phosphorus removal technologies and their applicability to small-scale domestic wastewater treatment systems“, Frontiers in Environmental Science 6 (2018), p. 8.

34. D. Breitburg et al., „Declining oxygen in the global ocean and coastal waters“, Science 359/6371 (2018).

35. R. Lindsey, „Climate and Earth’s energy budget“, NASA (ianuarie 2009), https://earthobservatory.nasa.gov/features/EnergyBalance.

36. W.F. Ruddiman, Plows, Plagues & Petroleum: How Humans Took Control of Climate (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005).

37. 2° Institute, „Global CO2 levels“ (accesat 2020), https://www.co2levels.org/.

38. 2° Institute, „Global CH4 levels“ (accesat 2020), https://www.methanelevels.org/.

39. Potențialele de încălzire globală (CO2=1) sunt de 28 pentru metan, 263 pentru dioxidul de azot, între 5 660 și 13 900 pentru diferitele clorofluorocarburi și de 23 900 pentru hexafluorura de sulf: Global Warming Potential Values, https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf.

40. IPCC, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Geneva: IPCC, 2014).

41. J. Fourier, „Remarques générales sur les temperatures du globe terrestre et des espaces planetaires“, Annales de Chimie et de Physique 27 (1824), pp. 136–167; E. Foote, „Circumstances affecting the heat of the sun’s rays“, American Journal of Science and Arts 31 (1856), pp. 382–383. Concluzia clară a lui Foote: „Efectul cel mai puternic al razelor soarelui l-am găsit în gazul acid carbonic… O atmosferă alcătuită din acel gaz ar fi conferit planetei noastre o temperatură

ridicată; iar dacă, așa cum a presupus cineva, într-o perioadă a istoriei sale aerul s-ar fi amestecat cu el într-o proporție mai mare decât cea din prezent, o temperatură crescută ca urmare a propriei sale acțiuni, precum și din creșterea greutății trebuie să fi rezultat neapărat".

42. J. Tyndall, „The Bakerian Lecture", Philosophical Transactions 151 (1861), pp. 1–37 (citat la p. 28).

43. S. Arrhenius, „On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground", Philosophical Magazine and Journal of Science, 5/41 (1896), pp. 237–276.

44. K. Ecochard, „What's causing the poles to warm faster than the rest of the Earth?" NASA (aprilie 2011), https://www.nasa.gov/topics/earth/features/warrningpoles.html.

45. D.T.C. Cox et al., „Global variation in diurnal asymmetry in temperature, cloud cover, specific humidity and precipitation and its association with leaf area index", Global Change Biology (2020).

46. S. Arrhenius, Worlds in the Making (New York: Harper & Brothers, 1908), p. 53.

47. R. Revelle și H.E. Suess, „Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of atmospheric CO2 during the past decades", Tellus 9 (1957), pp. 18–27.

48. Global Monitoring Laboratory, „Monthly average Mauna Loa CO/' (accesat 2020), https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/.

49. J. Charney et al., Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment (Washington, DC: National Research Council, 1979).

50. N.L. Bindoff et al., „Detection and Attribution of Climate Change: from Global to Regional", în T.F. Stocker et al., editori, Climate Change 2013: 'The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge: Cambridge University Press, 2013).

51. S.C. Sherwood et al., „An assessment of Earth's climate sensitivity using

multiple lines of evidence“, Reviews of Geophysics 58/4 (decembrie 2020).

52. Trecerea de la cărbune la gaze naturale s-a făcut remarcabil de repede în SUA: în 2011, 44% din toată electricitatea era generată în centrale cu cărbune; până în 2020, acea cotă parte a scăzut la doar 20%; în același timp, generarea prin arderea gazului a crescut de la 23% la 39%: US EIA, Short-Term Energy Outlook (2021).

53. În 2014, media globală a forțării antropogene raportată la 1850 a fost de 1,97 W/m², din care 1,80 W/m² din partea CO2, 1,07 W/m² din partea altor gaze cu efect de seră bine mixate, —1,04 W/m² de la aerosoli și —0,08 W/m² de la schimbările de utilizare a terenurilor: C.J. Smith et al., „Effective radiative forcing and adjustments in CMIP6 models“, Atmospheric Chemistry and Physics 20/16 (2020).

54. National Centers for Environmental Information, „More nearrecord warm years are likely on the horizon“ (februarie 2020), https://www.ncei.noaa.gov/news/projected-ranks; NOAA, Global Climate Report — Annual 2019, https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201913.

55. Pentru cireșele din Kyoto, vezi: R.B. Primack et al., „The impact of climate change on cherry trees and other species in Japan“, Biological Conservation 142 (2009), pp. 1943–1949. Pentru producțiile de vinuri din Franța, vezi Ministère de la Transition Écologique, „Impacts du changement climatique: Agriculture et Fôret“ (2020), https://www.ecologie.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-agriculture-et-foret. Pentru topirea ghețarilor de pe munți și consecințele acestui fenomen, vezi A.M. Milner et al., „Glacier shrinkage driving global changes in downstream systems“, Proceedings of the National Academy of Sciences (2017), www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1619807114.

56. În 2019, arderea combustibililor fosili a eliberat în atmosferă aproape 37 Gt de CO2, a cărui generare a necesitat o cantitate foarte apropiată de 27 Gt de oxigen: Global Carbon Project, The Global Carbon Budget 2019.

57. J. Huang et al., „The global oxygen budget and its future projection“, Science Bulletin 63 (2018), pp. 1180—1186.

58. Aceste măsurători complexe au început în 1989: Carbon Dioxide Information and Analysis Center, „Modern Records of Atmospheric Oxygen (O2) from Scripps Institution of Oceanography“ (2014), https://cdiac.ess-

dive.lbl.gov/trends/oxygen/modern_records.html.

59. Rezervele de combustibili fosili pentru 2019 sunt listate în British Petroleum, Statistical Review of World Energy.

60. L.B. Scheinfeldt și S.A. Tishkoff, „Living the high life: high-altitude adaptation“, Genome Biology 11/133 (2010), pp. 1–3.

61. S.J. Murray et al., „Future global water resources with respect to climate change and water withdrawals as estimated by a dynamic global vegetation model“, Journal of Hydrology (2012), pp. 448–449; A.G. Koutroulis și L.V. Papadimitriou, „Global water availability under high-end climate change: A vulnerability based assessment“, Global and Planetary Change 175 (2019), pp. 52–63.

62. P. Greve et al., „Global assessment of water challenges under uncertainty in water scarcity projections“, Nature Sustainability 1/9 (2018), pp. 486–494.

63. C.A. Dieter et al., Estimated Use of Water in the United States in 2015 (Washington, DC: US Geological Survey, 2018).

64. P.S. Gob et al., Desalination Technology and Advancement (Oxford: Oxford Research Encyclopedias, 2019).

65. A. Fletcher et al., „A low-cost method to rapidly and accurately screen for transpiration efficiency in wheat“, Plant Methods 14 (2018), article 77. Un randament de transpirație al întregii plante de 4,5 g/Kg înseamnă că 1 kg de biomasă necesită 222 kg de apă transpirată, iar întrucât cerealele reprezintă cam jumătate din totalul biomasei de la suprafața solului, raportul se dublează la aproape 450 kg.

66. Y. Markonis et al., „Assessment of water cycle intensification over land using a multisource global gridded precipitation dataset“, Journal of Geophysical Research: Atmospheres 124/21 (2019), pp. 11175–11187.

67. S.J. Murray et al., „Future global water resources with respect to climate change and water withdrawals as estimated by a dynamic global vegetation model.“

68. Y. Fan et al., „Comparative evaluation of crop water use efficiency,

economic analysis and net household profit simulation in arid Northwest China“, Agricultural Water Management 146 (2014), pp. 335–345; J.L. Hatfield și C. Dold, „Water-use efficiency: Advances and challenges in a changing climate“, Frontiers in Plant Science 10 (2019), p. 103; D. Deryng et al., „Regional disparities in the beneficial effects of rising CO2 concentrations on crop water productivity“, Nature Climate Change 6 (2016), pp. 786–790.

69. IPCC, Climate Change and Land (Geneva: IPCC, 2020), https://www.ipcc.ch/srccl/; P. Smith et al., „Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)“, în IPCC, Climate Change 2014.

70. Smil, Should We Eat Meat?, pp. 203–210.

71. D. Gerten et al., „Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries“, Nature Sustainability 3 (2020), pp. 200–208; vezi also FAO, The Future Food and Agriculture: Alternative Pathways to 2050 (Roma: FAO, 2018), http://www. fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf.

72. Am scris următoarele: „Adăugând intervalul mediu și pe cel mai mare [dintre pandemiile succesive] la 1968, obținem un interval cuprins între 1996 și 2021. Probabilistic vorbind, ne aflăm în interiorul unei zone de mare risc. În consecință, probabilitatea unei alte pandemii de gripă în următorii 50 de ani este, practic, de 100%“: V. Smil, Global Catastrophes and Trends (Cambridge, M A: MIT Press, 2008), p. 46. Și am avut două pandemii în intervalul indicat: H1N1 în 2009, chiar anul în care a fost publicată cartea, și SARS-Cov-2 în 2020.

73. Actualizările statistice zilnice la nivel mondial au fost furnizate de Johns Hopkins la https://coronavirus.jhu.edu/map.html și de Worldometer la https://www.worldometers.info/coronavirus/. Va trebui să așteptăm, cel puțin timp de doi ani, pentru o istorie cu adevărat cuprinzătoare a pandemiei.

74. U. Desideri și F. Asdrubali, Handbook of Energy Efficiency in Buildings (London: Butterworth-Heinemann, 2015).

75. Natural Resource Canada, High Performance Housing Guide for Southern Manitoba (Ottawa: Natural Resources Canada, 2016).

76. L. Cozzi și A. Petropoulos, „Growing preference for SUVs challenges emissions reductions in passenger car market“, IEA (octombrie 2019), https://www.iea.org/commentaries/growing preference-for-suvs-challenges-

emissions-reductions-in-passenger-car-market.

77. J.G.J. Olivier și J.A.H.W. Peters, Trends in Global CO, and Total Greenhouse Gas Emissions (Haga: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2019).

78. United Nations, „Conference of the Parties (COP), https://unfccc.int/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop.

79. N. Stockton, „The Paris climate talks will emit 300,000 tons of CO2, by our math. Hope it’s worth it“, Wired (noiembrie 2015).

80. United Nations, Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015 (ianuarie 2016), https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2015/ cop21/eng/10a01.pdf.

81. Pentru viitorul instalațiilor de aer condiționat, vezi International Energy Agency, The Future Cooling (Paris: IEA, 20j8).

82. Olivier și Peters, Trends in Global CO2 and Total Greenhouse Gas Emissions 2019 Report.

83. T. Mauritsen și R. Pincus, „Committed warming inferred from observations“, Nature Climate Change 7 (2017), pp. 652–655.

84. C. Zhou et al., „Greater committed warming after accounting for the pattern effect“, Nature Climate Change 11 (2021), pp. 132–136.

85. IPCC, Global warming of 1.5°C (Geneva: IPCC, 2018), https://www.ipcc.ch/sr15/.

86. A. Grubler et al., „A low energy demand scenario for meeting the 1.5°C target and sustainable development goals without negative emission technologies“, Nature Energy 526 (2020), pp. 515–527.

87. European Environment Agency, „Size of the vehicle fleet in Europe“ (2019), https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/size-of-the-vehicle-fleet/size-of-the-vehicle-fleet-10; pentru 1990, vezi https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/access-to-transport-services/vehicle-ownership-term-2001.

88. National Bureau of Statistics, China Statistical Yearbook, 1999–2019, http://www. stats.gov.cn/english/Statisticaldata/Annual Data/.

89. SEI, USD, ODI, E3G și UNEP, 'The Production Gap Report: 2020 Special Report, http://productiongap.org/2020report.

90. E. Larson et al., Net-Zero America: Potential Pathways, Infrastructure, and Impacts (Princeton, NJ: Princeton University, 2020).

91. C. Helman, „Nimby nation: The high cost to America of saying no to everything“, Forbes (august 2015).

92. Camera Reprezentanților, „Resolution Recognizing the duty of the Federal Government to create a Green New Deal“ (2019), https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-resolution/109/text; M.Z. Jacobson et al., „Impacts of Green New Deal energy plans on grid stability, costs, jobs, health, and climate in 143 countries“, One Earth 1 (2019), pp. 449–463.

93. T. Dickinson, „The Green New Deal is cheap, actually“, Rolling Stone (6 aprilie 2020); J. Cassidy, „The good news about a Green New Deal“, New Yorker (4 martie 2019); N. Chomsky și R. Pollin, Climate Crisis and the Global Green New Deal: The Political Economy of Saving the Planet (New York: Verso, 2020); J. Rifkin, The Green New Deal: Why the Fossil Fuel Civilization Will Collapse by 2028, and the Bold Economic Plan to Save Life on Earth (New York: St. Martin’s Press, 2019).

94. Dacă vrei să te alături ramurii celei mai explicite a acestei mișcări — cu scopul de a mobiliza „3,5% din populație pentru a obține schimbarea sistemului“ (rebeliune până la virgula zecimală!) — vizitează: Extinction Rebellion, „Welcome to the rebellion“, https://rebellion.earth/the-truth/about-us/. Pentru instrucțiuni scrise, vezi Extinction Rebellion, This Is Not a Drill: An Extinction Rebellion Handbook (London: Penguin, 2019).

95. P. Brimblecombe et al., Acid Rain — Deposition to Recovery (Berlin: Springer, 2007).

96. S.A. Abbasi și T. Abbasi, Ozone Hole: Past, Present, Future (Berlin: Springer, 2017).

97. J. Liu et al., „China's changing landscape during the 1990s: Large-scale land transformation estimated with satellite data“, Geophysical Research Letters 32/2 (2005), L02405.

98. M.G. Burgess et al., „IPCC baseline scenarios have overprojected CO2, emissions and economic growth“, Environmental Research Letters 16 (2021), 014016.

99. H. Wood, „Green energy meets people power“, 'The Economist (2020), https://worldin.economist.com/article/17505/edition2020get-ready-renewable-energy-revolution.

100. Z. Hausfather et al., „Evaluating the performance of past climate model projections“, Geophysical Research Letters 47 (2019), e2019 GL085378.

101. Smil, „History and risk.“

102. Totalurile mondiale și naționale, zilnice și cumulative de la Johns Hopkins la https://coronavirus.jhu.edu/map.htrnl sau de la Worldometer la https://www.worldometers.info/coronavirus/.

103. Sursele pentru datele din acest paragraf și din următorul sunt după cum urmează. Pentru rata PIB, vezi Banca Mondială, „GDP per capita (dolari americani la valoarea curentă)“ (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD. Pentru statistici chinezești, vezi Biroul Național de Statistică, China Statistical Yearbook, 1999–2019. Pentru emisiile naționale de CO2, vezi Olivier și Peters, Trends in Global CO, and Total Greenhouse Gas Emissions 2019 Report.

104. Între 2020 și 2050, prognoza medie a ONU în privința populației proiectează că 99,6% din creșterea totală va avea loc în țările mai puțin dezvoltate și circa 53% din totalul creșterii va fi în Africa sub-sahariană: United Nations, World Population Prospects: The 2019 Revision (New York: UN, 2019). Despre blocajul generării electricității în Africa, vezi G. Alova et al., „A machine-learning approach to predicting Africa's electricity mix based on planned power plants and their chances of success“, Nature Energy 6/2 (2021).

105. Y. Pan et al., „Large and persistent carbon sink in the world's forests“, Science 333 (2011), pp. 988–993; C. Che et al., „China and India lead in greening of the world through land-use management“, Nature Sustainability 2

(2019), pp. 122–129. Vezi și J. Wang et al., „Large Chinese land carbon sink estimated from atmospheric carbon dioxide data“, Nature 586/7831 (2020), pp. 720–723.

106. N.G. Dowell et al., „Pervasive shifts in forest dynamics in a changing world“, Science 368 (2020); R.J.W. Brienen et al., „Forest carbon sink neutralized by pervasive growth-lifespan trade-offs“, Nature Communications 11 (2020), article 4241.1234567890.

107. P.E. Kauppi et al., „Changing stock of biomass carbon in a boreal forest over 93 years“, Forest Ecology and Management 259 (2010), pp. 1239–1244; H.M. Henttonen et al., „Size-class structure of the forests of Finland during 1921—2013: A recovery from centuries of exploitation, guided by forest policies“, European Journal of Forest Research 139 (2019), pp. 279–293.

108. P. Roy și J. Connell, „Climatic change and the future of atoll states“, Journal of Coastal Research 7 (1991), pp. 1057—1075; R.J. Nicholls și A. Cazenave, „Sea-level rise and its impact on coastal zones“, Science 328/5985 (2010), pp. 1517—1520.

109. P.S. Kench et al., „Patterns of island change and persistence offer alternate adaptation pathways for atoll nations“, Nature Communications 9 (2018), article 605.

110. Acesta a fost titlul unui capitol prin care Amory Lovins a contribuit la o carte despre mediul înconjurător global: A. Lovins, „Abating global warming for fun and profit“, în K. Takeuchi și M. Yoshino, editori, The Global Environment (New York: Springer-Verlag, 1991), pp. 214–229. Pentru cititorii mai tineri: Lovins și-a dobândit faima cu un articol din 1976 în care descria calea energetică „soft“ (regenerabile la scară mică) pentru SUA: A. Lovins, „Energy strategy: The road not taken“, Foreign Affairs 55/1 (1976), pp. 65–96. Potrivit viziunii sale, în anul 2000 Statele Unite urma să obțină echivalentul energetic a circa 750 milioane de tone de țiței din aceste tehnici soft. Dacă scădem hidrogenerarea convențională la scară mare (care nu e nici mică, nici soft), regenerabilele au contribuit cu echivalentul a doar puțin peste 75 milioane de tone de țiței, astfel că Lovins și-a ratat ținta cu 90% în 24 de ani, o prognoză care a anunțat decenii de afirmații „verzi“ la fel de nerealiste.

7. Să înțelegem viitorul: Între apocalipsă și singularitate

1. Cărțile despre apocalipticism și profeții, imaginație și interpretări apocaliptice sunt foarte numeroase, dar nu îmi voi lua libertatea să fac vreo recomandare cu privire la acest gen anume de scrieri ficționale.

2. E mai simplu să-ți imaginezi că inteligența artificială va depăși capabilitățile umane, decât să-ți imaginezi o rată instantanee a schimbării de natură fizică ce ar fi impusă de ajungerea la Singularitate.

3. R. Kurzweil, „The law of accelerating returns“ (2001), https://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns. Vezi și cartea lui The Singularity Is Near (New York: Penguin, 2005). Sosirea din 2045 este prezisă în https://www.kurzweilai.net/. Înainte de a ajunge acolo, „în anii 2020, majoritatea bolilor va dispărea deoarece nanoboții devin mai deștepți decât tehnologia medicală actuală. Hrănirea normală umană poate fi înlocuită cu nanosisteme“. Vezi P. Diamandis, „Ray Kurzweil's mind-boggling predictions for the next 25 years“, Singularity Hub (ianuarie 2015), https://singularityhub.com/2015/01/26/ray-kurzweils-mind-boggling-predictions-for-the-next-25-years/. Evident, dacă această previziune s-ar materializa, în doar câțiva ani nimeni nu va mai trebui să scrie cărți despre agricultură, alimentație, sănătate și medicină sau despre cum funcționează lumea cu adevărat: nanoboții se vor îngriji de toate!

4. Julian Simon de la Universitatea din Maryland a fost unul dintre cei mai influenți cornucopieni din ultimele două decenii ale secolului XX. Operele sale cel mai des citate sunt: The Ultimate Resource (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1981) și J.L. Simon și H. Kahn, The Resourceful Earth (Oxford: Basil Blackwell, 1984).

5. Automobile electrice: Bloomberg NEF, Electric Vehicle Outlook 2019, https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/#toc-download. Carbonul în UE: EU, „2050 long-term strategy“, https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en. Informații globale în 2025: D. Reinsel et al., The Digitization of the World From Edge to Core

(noiembrie 2018), https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf. Zborurile la nivel planetar în 2037: „LATA Forecast Predicts 8.2 billion Air Travelers in 2037“ (octombrie 2018), https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2018-10-24-02/.

6. Vezi traiectoriile fertilităților naționale pe termen lung la World Bank’s Data Bank: https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.TFRT.IN.

7. Organizația Națiunilor Unite, World Population Prospects 2019, https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/

8. Vehiculele electrice au atras o atenție enormă, precum și extrem de multe așteptări mult exagerate în al doilea deceniu al secolului XXI. În 2017, se putea citi chiar așa ceva în Financial Post: „Toate vehiculele cu combustibili fosili vor dispărea în 8 ani într-o dublă «spirală a morții» pentru industria producătoare de petrol și industria auto, spune un studiu care șochează întreaga industrie“. Ceea ce trebuia să fie șocant a fost lipsa totală de înțelegere tehnică ce a dus la această afirmație ridicolă. Când avem circa 1,2 miliarde de mașini cu combustie internă pe șosele la începutul anilor 2020, ar fi cu adevărat un act de dispariție spectaculoasă pentru următorii cinci ani!

9. Nici acum nu este foarte clar când se va atinge o paritate de cost pentru întreaga durată de funcționare între vehiculele cu baterii electrice și cele convenționale, dar chiar dacă se va ajunge la această situație, unii cumpărători s-ar putea să aprecieze mai mult costul plătit la achiziție decât orice economii viitoare: MIT Energy Initiative, Insights into Future Mobility (Cambridge, MA: MIT Energy Initiative, 2019), http://energy.mit.edu/insightsintofuturemobility.

10. Pentru vânzări recente și previziuni pe termen lung legate de adoptarea mașinilor electrice, vezi Insideevs, https://insideevs.com/news/343998/monthly-plug-in-ev-sales-scorecard/; J.P. Morgan Asset Management, Energy Outlook 2018: Pascal’s Wager (New York: J.P. Morgan, 2018), pp. 10–15.

11. Bloomberg NEF, Electric Vehicle Outlook 2019.

12. Michel de Nostredame și-a publicat profețiile în 1555, iar de-atunci adevărații credincioși le-au tot citit și interpretat. Cât despre format, ei au acum la dispoziție o gamă largă de versiuni, de la facsimile în coperte scumpe la exemplare pentru Kindle.

13. H. Von Foerster et al., „Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026“, Science 132 (1960), pp. 1291–1295.

14. P. Ehrlich, The Population Bomb (New York: Ballantine Books, 1968), p. xi; R.L. Heilbroner, An Inquiry into the Human Prospect (New York: W.W. Norton, 1975), p. 154.

15. Calculată pe baza datelor din lucrarea ONU: World Population Prospects 2019.

16. Presupunând proiecția mediană din lucrarea ONU: World Population Prospects 2019.

17. V. Smil, „Peak oil: A catastrophist cult and complex realities“, World Watch 19 (2006), pp. 22–24; V. Smil, „Peak oil: A retrospective“, IEES Spectrum (mai 2020), pp. 202–221.

18. R.C. Duncan, „The Olduvai theory: Sliding towards the post-industrial age“ (1996), http://dieoff.org/page125.

19. Pentru date privind malnutriția, vezi raportările anuale ale FAO. Ultima versiune publicată este: The State of Food Security and Nutrition, http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf. Pentru rezervele de alimente, vezi: http://www.tao.org/faostat/en/#data/FB S.

20. Calculat pe baza http://www.fao.org/faostat/en/#data/.

21. Date preluate din British Petroleum, Statistical Review of World Energy.

22. Date preluate din S. Krikorian, „Preliminary nuclear power facts and figures for 2019“, International Atomic Energy Agency (ianuarie 2020), https://www.iaea.org/newscenter/news/preliminary-nuclear-power-facts-and-figures-for-2019.

23. M.B. Schifter, Spectacular Flops: Game-Changing Technologies That Tailed (Clinton Corners, NY: Eliot Werner Publications, 2019), pp. 157 — 175.

24. S. Kaufman, Project Plowshare: The Peaceful Use of Nuclear Explosives in Cold War America (Ithaca, NY: Cornell University Press, 2013); A.C. Noble, „The Wagon Wheel Project“, WyoHistory (noiembrie 2014),

http://www.wyohistory.org/essays/wagon-wheel-project.

25. Despre restrângerea nișei climatice: C. Xu et al., „Future of the human climate niche“, Proceedings of the National Academy of Sciences 117/21 (2010), pp. 11350–11355. Migrații: A. Lustgarten, „How climate migration will reshape America“, The New York Times (20 decembrie 2020). Scăderea veniturilor: M. Burke et al., „Global non-linear effect of temperature on economic production“, Nature 527 (2015), pp. 235—239. Profeția lui Thunberg: A. Doyle, „Thunberg says only «eight years left» to avert 1.5°C warming“, Climate Change News (ianuarie 2020), https://www.climatechangenews.com/2020/01/21/thunberg-says-eight-years-left-avert-1-5c-warming/.

26. Această predilecție pentru profeții catastrofice este probabil cel mai bine explicată prin tendința spre negativism a oamenilor: D. Kahneman, Thinking Fast and Slow (New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011); ONU, „Only 11 years left to prevent irreversible damage from climate change, speakers warn during General Assembly high-level meeting“ (martie 2019), https://www.un.org/press/en/2019/ga12131.doc.htm. P.J. Spielmann, „UN predicts disaster if global warming not checked“, AP News (iunie 1989), https://apnews.com/bd45c372caf118ec99964ea547880cd0.

27. FII Institute, A Sustainable Future is Within Our Grasp, https://fii-institute.org/en/downloads/FIII_Impact_Sustainability_2020.pdf; J.M. Greer, Apocalypse Not! (Hoboken, NJ: Viva Editions, 2011); M. Shellenberger, Apocalypse Never: Why Environmental Alarmism Hurts Us All (New York: Harper, 2020).

28. V. Smil, „Perils of long-range energy forecasting: Reflections on looking far ahead“, Technological Forecasting and Social Change 65 (2000), pp. 251–264.

29. Organizația pentru Alimentație și Agricultură (FAO), Yield Gap Analysis of Field Crops: Methods and Case Studies (Rome: FAO, 2015).

30. Țesuturile lor sunt alcătuite în proporție de 95% din apă și conțin cantități neglijabile (sau nule) din doi macronutrienți esențiali: proteine și lipide alimentare.

31. Costurile sale materiale (oțel, materiale plastice, sticlă) și energetice (încălzire, iluminat, aer condiționat) ar fi cu adevărat astronomice.

32. Pentru costurile energetice ale materialelor, vezi Smil, Making the Modern World. Pentru costurile energetice minime ale oțelului, vezi J.R. Fruehan et al., Theoretical Minimum Energies to Produce Steel for Selected Conditions (Columbia, MD: Energetics, 2000).

33. FAO, „Fertilizers by nutrient“ (accesat 2020), http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFN.

34. Date preluate din Smil, Energy Transitions.

35. Calculat pe baza datelor din British Petroleum, Statistical Review of World Energy.

36. Pentru o privire asupra fascinantelor discuții legate de erorile de categorisire, vezi O. Magidor, Category Mistakes (Oxford: Oxford University Press, 2013); W. Kastainer, „Genealogy of a category mistake: A critical intellectual history of the cultural trauma metaphor“, Rethinking History 8 (2004), pp. 193–221.

37. Pentru originile acestor invenții fundamentale, vezi Smil, Transforming the Twentieth Century.

38. Smil, Prime Movers of Globalization.

39. A. Etigler, „A guide to healthy skepticism of artificial intelligence and coronavirus“ (Washington, DC: Brookings Institution, 2020).

40. „CRISPR: Your guide to the gene editing revolution“, New Scientist, https://www.newscientist.com/round-up/crispr-gene-editing/.

41. Y.N. Harari, Homo Deus (New York: Harper, 2018); D. Berlinski, „Godzooks“, Inference 3/4 (februarie 2018).

42. E. Trognotti, „Lessons from the history of quarantine, from plague to influenza“, Emerging Infectious Diseases 19 (2013), pp. 254–259.

43. S. Crawford, „The Next Generation of Wireless — «5G» — Is All Hype“, Wired (august 2016), https://www.wired.com/2016/08/the-next-generation-of-wireless-5g-is-all-hype/.

44. „Lack of medical supplies «a national shame»“, BBC News (martie 2020);

L. Lee și K.N. Das, „Virus fight at risk as world's medical glove capital struggles with lockdown“, Reuters (martie 2020); L. Peek, „Trump must cut our dependence on Chinese drugs — whatever it takes“, The Hill (martie 2020).

45. Costurile finale ale pandemiei din 2020 nu vor fi cunoscute ani de-a rândul, dar nu încape îndoială în privința ordinului de mărime: multe bilioane de dolari. În 2019, produsul economic mondial era aproape de 90 de bilioane și, prin urmare, e nevoie de un declin de doar câteva procente ca să împingă costurile în domeniul bilioanelor.

46. Dar nu putem face nicio judecată finală până când nu obținem o evaluare restrospectivă finală la nivel mondial a costurilor pandemice.

47. J.K. Taubenberger et al., „The 1918 influenza pandemic: 100 years of questions answered and unanswered“, Science Translational Medicine 11/502 (iulie 2019), eaau5485; Morens et al., „Predominant role of bacterial pneumonia as a cause of death in pandemic influenza: Implications for pandemic influenza preparedness“, Journal oj Infectious Disease 198 (2008), pp. 962–970.

48. „The 2008 financial crisis explained“, History Extra (2020), https://www.historyextra.com/period/modern/financial-crisis-crash-explained-facts-causes/.

49. Cele mai mari nave de croazieră pot primi în zilele noastre peste 6 000 de pasageri, la care se adaugă și echipajul (30 — 35% în plus). Marine Insight, „Top 10 Largest Cruise Ships in 2020“, https://www.marineinsight.com/know-more/top-io-largest-cruise-ships-2017/.

50. R.L. Zijdeman și F.R. de Silva, „Life expectancy since 1820“, în J.L. van Zanden et al., editori, How Was Life? Global Well-Being since 1820 (Paris: OECD, 2014), pp. 101–116.

51. Aceste mortalități în exces pot fi văzute pe site-urile de internet actualizate în mod regulat de European Mortality Monitoring (https://www.euromomo.eu/), pentru țările UE, și Centers for Disease Control (https://www.cdc.gov/nchs/nvss/vsrr/covid19/excess_deaths.htm) pentru SUA.

52. Proiecții detaliate privind populația după criterii de vârstă pentru toate țările și regiunile lumii sunt disponibile la: https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/.

53. American Cancer Society, „Survival Rates for Childhood Leukemias/’’https://www.cancer.org/cancer/leukemia-in-children/detection-diagnosis-staging/survival-rates.html.

54. US Department of Defense, Narrative Summaries of Accidents Involving U.S. Nuclear Weapons 1950–1980 (1980), https://nsarchive.fUes.wordpress.com/2010/04/635.pdf; S. Shuster, „Stanislav Petrov, the Russian officer who averted a nuclear war, feared history repeating itself“, Time (19 septembrie 2017).

55. Cea mai detaliată relatare a dezastrului (incluzând cinci volume tehnice) este: Agenția Internațională pentru Energie Atomică, The Fukushima Daiichi Accident (Viena: IAEA, 2015). Parlamentul Japoniei a dat publicității raportul său oficial: The Official Report of the Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission, https://www.nirs.org/wp-content/uploads/fukushima/naiic_report.pdf.

56. Pentru anunțurile oficiale ale companiei Boeing, vezi actualizările privind 737 MAX la https://www.boeing.com/737-max-updates/en-ca/737MAX. Pentru evaluări critice, vezi, printre mulți alții: D. Campbell, „Red-line“, The Verge (mai 2019); D. Campbell, „The ancient computers on Boeing 737 MAX are holding up a fix“, The Verge (aprilie 2020).

57. În 2018, cotele-parte din emisiile de CO2 la nivel mondial au fost după cum urmează: cel mai mare emițător (China), foarte aproape de 30%; primii doi emițători (China și SUA) puțin peste 43%; primii cinci emițători (China, SUA, India, Rusia, Japonia) 51%; primii 10 (se adaugă Germania, Iran, Coreea de Sud, Arabia Saudită și Canada) aproape exact două treimi: Olivier and Peters, Global CO2 emissions from fossil fuel use and cement production per country, 1970–2018.

58. Această necesitate a unui angajament pe termen foarte lung diminuează și mai mult probabilitatea ca actori disparați cum sunt China, SUA, India sau Arabia Saudită să își dea acordul asupra unui mod de a proceda general acceptabil și durabil.

59. Evaluarea clasică a lui Ramsey este fără echivoc: „Se presupune că nu vom prețui mai puțin plăcerile din viitor în comparație cu cele mai apropiate în timp, o practică ce nu poate fi argumentată etic și ia naștere doar dintr-o sărăcie a

imaginației“. F.P. Ramsey, „A mathematical theory of saving“, The Economic Journal 38 (1928), p. 543. Bineînțeles, o poziție atât de inflexibilă este de-a dreptul nepractică.

60. C. Tebaldi și P. Friedlingstein, „Delayed detection of climate mitigation benefits due to climate inertia and variability“, Proceedings of the National Academy of Sciences no (2013), pp. 17229–17234; J. Marotzke, „Quantifying the irreducible uncertainty in near-term climate projections“, Wiley Interdisciplinary Review: Climate Change 10 (2018), pp. 1 — 12; B.H. Samset et al., „Delayed emergence of a global temperature response after emission mitigation“, Nature Communications 11 (2020), article 3261.

61. P.T. Brown et al., „Break-even year: a concept for understanding intergenerational trade-offs in climate change mitigation policy“, Environmental Research Communications 2 (2020), 095002. Folosind același model, Ken Caldeira a calculat rata internă de rentabilitate a creșterii investițiilor destinate diminuării emisiilor (așa cum se prevede în multe obiective naționale formulate recent) până la valoarea zero pentru carbon până în 2050 și data de începere a rentabilității pozitive (când valoarea daunelor climatice evitate depășește cheltuielile cu diminuarea emisiilor): rata este de circa 2,7%, iar rentabilitatea pozitivă nu va veni decât la începutul secolului următor.

62. Prognoza superioară: United Nations, World Population Prospects 2019. Prognoza inferioară: S.E. Vollset et al., „Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study“, The Lancet (14 iulie 2020).

Anexă: Să înțelegem cifrele: Ordine de mărime

1. M.M.M. Mazzocco et al., „Preschoolers’ precision of the approximate number system predicts later school mathematics performance“, PLoS ONE 6/9 (2011), e23749.

2. United States Census, HINC-01. Selected Characteristics of Households by

Total Money Income (2019), https://www.census.gov/data/tables/time-series/demo/income-poverty/cps-hinc/hinc-01.html; Credit Suisse, Global Wealth Report (2019), https://www.credit-suisse.com/about-us/en/reports-research/global-wealth-report.html; J. Ponciano, „Winners/Losers: The world's 25 richest billionaires have gained nearly $255 billion in just two months“, Forbes (23 mai 2020).

3. V. Smil, „Animals vs. artifacts: Which are more diverse?“ Spectrum IEEE (august 2019), p. 21.

4. Puterea motoarelor primare este analizată în V. Smil, Energy in Civilization: A History (Cambridge, MA: MIT Press, 2017), pp. 130–146.

Mulțumiri

Îi mulțumesc lui Connor Brown, editorul meu londonez, pentru că mi-a oferit încă un prilej de a scrie o lucrare amplă și fiului meu, David (de la Institutul de Cercetări Oncologice din Ontario) pentru că a fost primul ei cititor și critic.